

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Diplomová práce

**Externí systémy detekce únavy ve vozidlech a jejich
spolehlivost v praxi**

Vedoucí práce: Ing. Jan Hart, Ph.D.

Autor: Bc. Lucie Brožová

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lucie Brožová

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Externí systémy detekce únavy ve vozidlech a jejich spolehlivost v praxi

Název anglicky

External vehicle fatigue detection systems and their reliability in practice

Cíle práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na systémy detekce únavových stavů ve vozidlech. Hlavním cílem je provést testování u externích systémů detekce únavy a porovnat jejich spolehlivost. Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky,
- definovat jednotlivé typy systémů detekce únavových stavů ve vozidle,
- provést a vyhodnotit experimentální testování externích systémů detekce únavy,
- na základě výsledků testování provést finanční zhodnocení testovaných externích systémů pro detekci únavy.

Metodika

Metodika řešené problematiky diplomové práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Praktická část práce je zaměřena na rizikové faktory spojené s externími systémy detekce únavy. Na základě měření bude posléze provedena finanční analýza testovaných systémů. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků praktické části práce budou formulovány závěry diplomové práce.

Osnova:

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Metodika práce
- 4 Přehled řešené problematiky
- 5 Vlastní řešení
- 6 Zhodnocení výsledků
- 7 Závěr a doporučení
- 8 Seznam použitých zdrojů

9 Přílohy



Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Klíčová slova

únava, nehody, rizika, systémy detekce únavy

Doporučené zdroje informací

BERAN, Tomáš. Dopravní nehody: právní rádce pro každého řidiče : [včetně návodu na poskytnutí první pomoci]. Brno: Computer Press, 2007. Rady a tipy pro řidiče (Computer Press). ISBN 978-80-251-1791-0.

DĚSI, I. Tajemný mozek. Praha: Orbis, 1976.

OREL, M. – FACOVÁ, V. Člověk, jeho mozek a svět. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2617-5.

PRAŠKO, J. *Chronická únava : zvládání chronického únavového syndromu*. Praha: Portál, 2006. ISBN 80-7367-139-5.

SEDLÁK, J. *Pracovní únava*. Praha: Academia, 1981.

SCHERRER, J. – KRISTOFORI, J. – MÁČEK, M. *Únava*. Praha: Victoria Publishing, 1995. ISBN 80-85865-73-4.

VLK, F. Automobilová elektronika. 1, Asistenční a informační systémy : [EPS, DSC, AHS, PSM, VDC – elektronická stabilizace ASR, ASC, DTC, ETC, TCS – protikluzové systémy ABC, ACC, BAS, FLR, HDC, LDW ... a další systémy podporující řidiče]. Brno: František Vlček, 2006. ISBN 80-239-6462-3.

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Jan Hart, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2020

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2020

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 04. 05. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Externí systémy detekce únavy ve vozidlech a jejich spolehlivost v praxi“ vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědoma, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědoma, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 13.05.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Janu Hartovi, Ph.D. za odborné vedení práce, trpělivost, ochotu a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Také celé mé rodině, které ze srdce děkuji za podporu a pomoc během celého života.

Externí systémy detekce únavy ve vozidlech a jejich spolehlivost v praxi

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá spolehlivostí externích systémů detekce únavy ve vozidlech. Teoretická část práce obsahuje ucelený přehled řešené problematiky v této oblasti. Popisuje rozdělení prvků aktivní a pasivní bezpečnosti a vysvětluje vznik únavy a definuje její rozdělení. Jsou zde uvedeny statistiky nehodovosti spojené s únavou. Dále jsou rozděleny systémy pro sledování stavu řidiče a snímače. Také jsou zde popsány existující systémy, které se momentálně využívají v automobilech. Praktická část diplomové práce je zaměřená na testování spolehlivosti vybraných detektorů únavy. Obsahuje popis vybraných detektorů únavy a popis postupu měření. V průběhu měření byl zaznamenán počet detekcí únavy, z nichž byla vypočítána spolehlivost přístrojů. Z naměřených výsledků je zřejmé, že na spolehlivost přístrojů nemá vliv denní doba měření. Jako nejspolehlivější vychází z měření detektor VUEMATE DL550A při měření za denního světla se spolehlivostí 81,25 %.

Klíčová slova: únava, spolehlivost, systémy detekce únavy, nehodovost, snímače

External vehicle fatigue detection systems and their reliability in practice

Abstract

This diploma thesis deals with the reliability of external vehicle fatigue detection systems. The theoretical section contains a comprehensive overview of issues addressed within this area. It describes the division of elements of active and passive safety and also explains the origin of the fatigue and defines its distribution. Fatigue accident statistics are listed here. Systems for monitoring the condition of the driver and sensor are also divided. It also describes the existing systems currently used in automobiles. The practical part of my diploma thesis is focused on testing the reliability of selected fatigue detectors. It contains a description of selected fatigue detectors and a description of the measurement procedures. During such measurement's procedures the amount of fatigue detections are recorded, from which the reliability of the devices are calculated. It is clear from the measured results that the reliability of the devices is not affected at the time of the daily measurement. The VUEMATE DL550A detector has the most reliable measurement when measured in daylight with a reliability of 81,25 %.

Keywords: fatigue, reliability, fatigue detection systems, accident, sensors

Obsah

1 Úvod.....	11
2 Cíl práce	12
3 Metodika	13
4 Přehled řešené problematiky	14
4.1 Bezpečnost vozidel.....	14
4.1.1 Aktivní prvky bezpečnosti	14
4.1.2 Pasivní prvky bezpečnosti	17
4.2 Únava	21
4.2.1 Vznik únavy	21
4.2.2 Dělení únavy	21
4.3 Nehodovost spojená s únavou.....	24
4.3.1 Statistiky nehodovosti.....	24
4.4 Systémy pro sledování stavu řidiče.....	29
4.4.1 Vizualní detekce pomocí kamer	30
4.4.2 Sledování bdělosti na základě chování při řízení.....	31
4.4.3 Seismokardiografie	32
4.4.4 Odhad únavy řidiče na základě výsledků zátěžového vyšetření.....	32
4.4.5 Snímání signálů mozku (EEG)	33
4.4.6 Snímání signálů srdce (EKG)	33
4.4.7 Galvanická kožní odezva	33
4.4.8 Snímání respirace.....	34
4.4.9 Pulzní oxymetrie	34
4.5 Snímače	35
4.5.1 Radarové snímače	35
4.5.2 Laserové snímače.....	35
4.5.3 Infračervené snímače	35
4.5.4 Ultrazvukové snímače.....	36
4.5.5 Videosenzory	36
4.6 Existující systémy pro sledování únavy řidiče.....	37
4.6.1 Volvo	37
4.6.2 Volkswagen	37
4.6.3 Ford.....	37
4.6.4 Mercedes	38
5 Vlastní práce	39
5.1 Vybrané detektory únavy	39

5.1.1	VUEMATE DL330A.....	40
5.1.2	VUEMATE DL550A.....	42
5.2	Průběh měření	44
5.3	Charakteristika subjektů.....	45
6	Výsledky a diskuse	46
7	Finanční zhodnocení	50
8	Závěr.....	51
9	Seznam použitých zdrojů	52
10	Seznam obrázků	56
11	Seznam tabulek	57

1 Úvod

Lidé jezdí v automobilech již od roku 1908. Od té doby se auta stala součástí každodenního života, kdy s nimi lidé dojíždějí do práce, na nákup nebo za příbuznými. Z tohoto důvodu je potřeba neustále zlepšovat a vyvíjet bezpečnostní prvky a zároveň vylepšovat komfort pro pohodlí řidiče. [1]

První bezpečnostní prvek byl zařazen do standardní výbavy společností Volvo v roce 1959. Tímto prvkem byl třibodový bezpečnostní pás, o rok později následovala čalouněná přístrojová deska, která mírnila zranění při čelní srážce. Velkým průlomem byl v 70. letech airbag vyrobený v USA a první elektronický ABS systém uvedený automobilkou Mercedes-Benz. Tyto bezpečnostní prvky a systémy jsou momentálně v automobilech již součástí základní výbavy a není možné si zakoupit nové auto bez nich. [1]

V této době se automobiloví výrobci zaměřují spíše na interiér vozidla a zajištění komfortu a bezpečí pro řidiče a posádku automobilu. Jedním z hlavních postrachů řidiče je únava, případně mikrospánek za volantem. Na základě údajů Policie České republiky bylo v roce 2019 způsobeno 1 105 nehod únavou, usnutím nebo náhlou fyzickou indispozicí, kdy v 21 případech došlo k usmrcení účastníka této nehody. [2]

Jelikož únava není měřitelná, jako například obsah alkoholu nebo návykových látek, je velice časté, že řidiči usednou za volant ve špatné kondici, což může následně zapříčinit nehodu. Z tohoto důvodů jsou vytvářeny systémy, které dokážou detekovat únavu řidičů, a to na základě detekce a následného pozorování jízdy, případně díky sledování zorniček řidiče. Detektory únavy můžeme rozdělit na externí a interní, které jsou již zabudovány do automobilu jako součást výbavy. Externí detektor si může zakoupit a následně nainstalovat do vozidla každý řidič, čímž může napomoci snížení nehodovosti spojené s únavou.

2 Cíl práce

Tato diplomová práce se zaměřuje na problematiku spolehlivosti externích systémů detekce únavy ve vozidlech. Hlavním cílem této diplomové práce je provést popis externích systémů detekce únavy a otestovat jejich spolehlivost.

Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky,
- definovat základní rozdělení aktivních a pasivních bezpečnostních prvků
- provést základní popis a rozdělení únavy
- uvést a popsat statistiky spojené s únavou
- definovat základní rozdělení systémů pro sledování řidiče
- popsat základní rozdělení snímačů
- popsat momentálně používané systémy detekce únavy v automobilech
- provést základní popis vybraných detektorů únavy
- provést základní měření spolehlivosti externích systémů detekce únavy
- finančně zhodnotit vybrané detektory únavy

3 Metodika

Metodika práce bude zhotovena na základě poznatků z odborných informačních zdrojů. Jde především o odborné knižní a internetové prameny. V případě popisu specifikací jednotlivých produktů na trhu je čerpáno z technických příruček, online katalogů, brožur, učebních textů a firemních prezentací. Diplomová práce bude srozumitelně podle zpracovaného obsahu rozdělena nadpisy a podnadpisy, doplněna obrázky a tabulkami.

V teoretické části bude vysvětlena aktivní a pasivní bezpečnost vozidla a bude popsáno rozdělení únavy. Následně dojde k popisu statistik nehod, které byly zapříčiněny únavou v České republice. Teoretická část bude také zaměřena na popsání všech možností sledování stavu řidiče, a to i způsobů, které momentálně nejsou v automobilech plně využívány. V závislosti na tom budou definovány snímače, které se využívají ke sledování stavu řidiče. Poslední částí řešené problematiky bude určení aktuálně existujících systémů pro sledování stavu řidiče.

V praktické části diplomové práce bude proveden základní popis vybraných externích detektorů únavy. Následně bude popsán postup měření spolehlivosti vybraných přístrojů. Měření se zúčastní celkem 21 subjektů, které podstoupí dohromady 42 měření. Každý subjekt tedy podstoupí 2 měření v různých denních dobách, kdy vždy jedno měření bude za denního světla a druhé měření bude ve tmě. Subjekty budou v jednu chvíli sledovat oba vybrané detektory. V obou případech se subjekty posadí k měřicímu stolu a bude jim z monitoru pouštěna jízda po dálnici. Jakmile na sobě subjekt začne pociťovat únavu, zaznamená to do připraveného archu. Dle počtu detekcí únavy před označením únavy a po označení únavy subjekty bude následně vyhodnocena spolehlivost obou detektorů.

Na základě výsledků, které vyplynou z výstupu měření, budou stanoveny závěry a vypočtena spolehlivost detektorů.

4 Přehled řešené problematiky

Pro zjištění únavy a rozbor detektorů, které únavu vyhodnocují je potřeba si nejprve představit aktivní a pasivní bezpečnost, kterou automobily využívají, prozkoumat příčiny vzniku únavy a zjistit, kolik nehod je v České republice způsobeno únavou. Dále je potřeba se seznámit s možnostmi detekování stavu řidiče a senzory, které jsou pro to využívány.

4.1 Bezpečnost vozidel

V dnešní době je kladen vysoký důraz u silničních vozidel především na bezpečnost, pohodlnost, dopad na životní prostředí a výkonnost. Pokud se zaměříme na bezpečnost, kterou nám vozidla přinášejí, dělíme automobilové prvky na aktivní a pasivní.

4.1.1 Aktivní prvky bezpečnosti

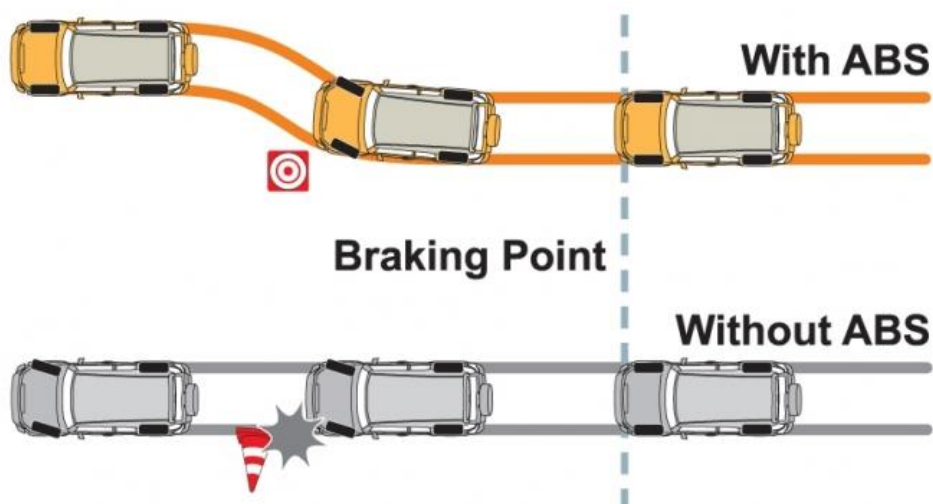
Aktivními prvky se rozumí systémy, technická zařízení a vlastnosti vozu, které se snaží předejít vzniku dopravních nehod. Tyto prvky lze rozdělit do čtyř skupin – kondiční, jízdni, ovládací, pozorovací. Mezi kondiční bezpečnost řadíme prvky, které zajišťují komfort řidiče, a to tedy geometrii sezení (tvar a prodyšnost sedadla, možnost nastavitelnosti), mikroklima (větrání, vytápění, klimatizace), vnitřní hluk a estetiku vozu. Jízdní bezpečnost se zabývá brzdnými vlastnostmi, výkonem, akcelerací, odpružením a aerodynamickou stabilitou. Ovládací bezpečnost určuje ovládací sílu, umístění ovladačů (tvar, povrch, dosažitelnost), zvukovou signalizaci a zajištění dveří. Otázkou pozorovací bezpečnosti je výhled z vozidla, osvětlení vozovky a pasivní viditelnost vozu (barva vozidla, osvětlení vozidla, výstražná signalizační zařízení). [3]

Jak je vyjmenováno výše, aktivní bezpečnost má mnoho prvků, kdy v této diplomové práci budou popsány jedny z nejdůležitějších a zároveň takové prvky, na které se v rámci aktivní bezpečnosti často zapomíná.

4.1.1.1 Systém ABS

Jedním z nejdůležitějších prvků pasivní bezpečností je systém ABS neboli protiblokovací systém brzd (Anti – lock Brake System). Tento systém musí mít povinně každé auto vyrobeno od července 2006. [4]

Úkolem tohoto systému je zabránit blokaci kol při brzdění, což následně zabrání smyku vozidla a zachová vozidlo říditelné za jakýchkoliv podmínek a na jakémkoliv povrchu. K blokování kol dohází pomocí automatické regulace síly ve třmenech. Každé kolo je snímáno snímačem rychlosti otáček, a to až dvacet pětkrát za vteřinu a následně je daná rychlost otáček porovnána se zbylými koly. Na obrázku 1 lze vidět, jak funguje automobil se systémem ABS a bez něj. [4;5]



Obrázek 1 ABS [5]

4.1.1.2 Systém ASR

Doplňkem k protiblokovacímu systému bývá často protiskluzový systém neboli ASR (Anti Skid Regulation), který zamezuje prokluzu kol při akceleraci. Tento systém dokáže zvýšit stabilitu a bezpečnost jízdy na mokré vozovce a zároveň zajistí plynulý rozjezd a zrychlení bez protáčení kol. [4;6]

Princip činnosti je podobný jako u systému ABS, kdy snímače, které jsou společně se systémem ABS, zaznamenávají otáčky kol a následně v řídicí jednotce vyhodnocují, zda dojde k zabrzdění kol. Tento systém je nápomocný hlavně během těchto okolností: zrychlení v zatáčce, jízda do kopce, náledí na vozovce, ke snížení opotřebení pneumatik. [4;6]

4.1.1.3 *Adaptivní světlomety*

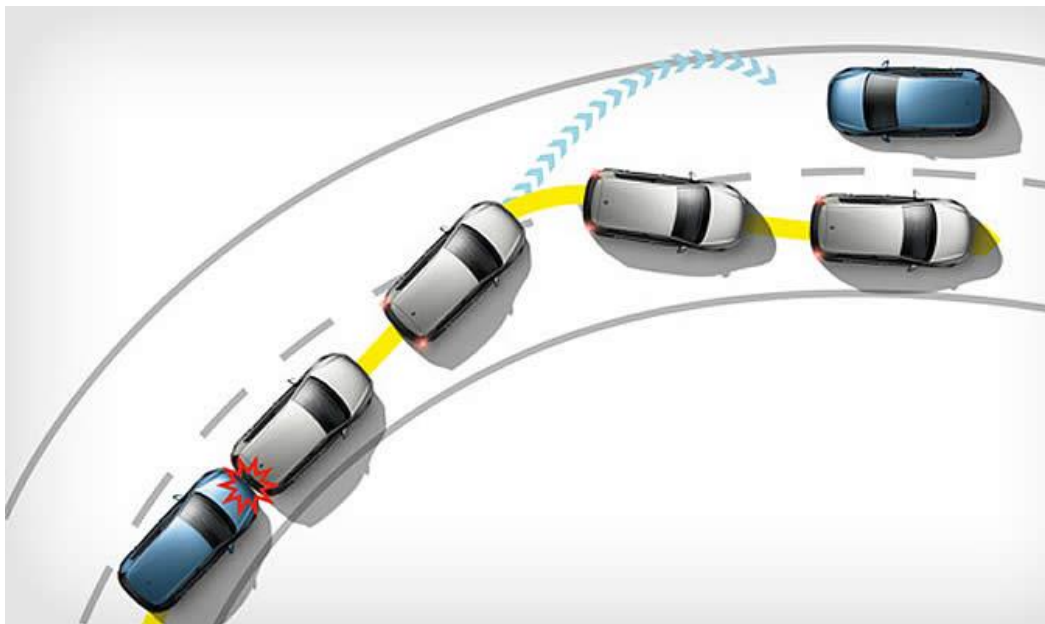
Adaptivní světlomety spadají pod pozorovací bezpečnost. Zajišťují nejlepší možné vidění při jízdě v noci a díky elektromechanickému systému se dokáží natočit do zatáčky na základě pohybu volantem a rychlosti vozu. To poskytne ideální osvětlení vozovky před námi a včas nás informuje o možném nebezpečí překážky na cestě. Světlomety zároveň osvětlují okolní prostředí do vzdálenosti až 800 metrů. Vzdálenost osvětlení je závislá na rychlosti vozu. Pokud automobil zvýší rychlost, světla se automaticky zvednou, aby byla zajištěna lepší viditelnost. Naopak, pokud automobil zpomalí, případně narazí na provoz v opačném směru, světlomety se automaticky sníží. [6]

4.1.1.4 *Multikolizní brzda*

Na základě statistik se až čtvrtina nehod, při kterých dojde k poranění pasažérů, stane při vícenásobné kolizi. Z tohoto důvodu vyvinula společnost Volkswagen systém, který dokáže zabránit následným kolizím, pokud se auto po nehodě dostane například do protisměru. I přes to, že tento systém začne fungovat až po nehodě, považujeme ho za prvek aktivní bezpečnosti, jelikož zabraňuje možným nehodám způsobeným nekontrolovatelným pohybem vozidla po nehodě. Na obrázku 2 je modrými šipkami znázorněna trasa, kterou by auto jelo, bez multikolizní brzdy. Je vidět, že s vysokou pravděpodobností by narazilo do protijedoucího auta, což by způsobilo větší škody. [7;8]

Multikolizní brzda se aktivuje, jakmile dojde ke spuštění airbagů, případně pokud snímače zaznamenají srážku. Automobil následně začne brzdit až do rychlosti 10 km/h, a to i v případě, kdy je řidič zraněný nebo v šoku a nemá sešlápnutý brzdový pedál. Tímto způsobem může být zamezeno následné srážce. Pokud je však srážka nevyhnutelná, dokáže zpomalení alespoň zmírnit následky nehody. Při spuštění systému se zároveň rozsvítí výstražná a brzdová světla, která upozorňují ostatní účastníky provozu o možném nebezpečí. Jestliže řidič dokáže nastalou situaci při nehodě vyřešit sám, získá plnou kontrolu nad vozem sešlápnutím plynového pedálu, nebo pokud začne sám prudce brzdit. [7;8]

Dle německého automotoklubu ADAC a pana Ing. Jana Sajdla, Ph.D. by tento bezpečnostní prvek mohl snížit počet smrtelných úrazů o 8 % a počet vážných zranění o 4 %, za podmínky, že by byl nainstalován do všech vyráběných aut. [7;8]



Obrázek 2 Funkce multikolizní brzdy [7]

4.1.1.5 *Systém sledování stavu řidiče*

Díky vysoké spolehlivosti asistenčních systémů se stal nejméně spolehlivým prvkem v automobilu právě řidič. Na řidiče může působit několik faktorů, které ovlivňují jeho způsobilost k řízení, jako například únava, emocionální stav či požití alkoholu, případně užití drog. Je tedy potřeba sledovat stav řidiče a při detekování stavu, kdy není schopen dále řídit, ho upozornit, případně zabránit další jízdě. Tyto systémy budou podrobněji rozebrány v dalších kapitolách. [9]

4.1.2 **Pasivní prvky bezpečnosti**

Pasivní bezpečnost se oproti aktivní bezpečnosti snaží zmírnit následky pro všechny účastníky dopravní nehody. Nejedná se tedy pouze o vnitřní bezpečnost, tedy ochranu vlastních cestujících, ale také o bezpečnost ostatních účastníků silniční dopravy. Na základě toho rozdělujeme ochranu cestujících na kompatibilitu vnitřní a vnější. [9]

Mezi vnitřní kompatibilitu patří zádržné systémy, biomechanika a kabina vozu. Tímto lze rozumět ochranu proti dalším nárazům, zachování prostoru pro přežití, ochranu proti vymrštění osob a ochranu proti požáru. Do vnější kompatibility potom řadíme hlavně karoserii, do které spadá zaoblení vnějších hran, kryty kol, kliky, závěsy, tlačítka, absorbéry a mnoho dalšího. [3;10]

4.1.2.1 Bezpečnostní pásy

Nejčastěji se ve vozidlech používá třibodový pás, ale existují také pásy čtyřbodové nebo pětibodové. Jedná se o jeden z nejdůležitějších prvků v automobilu, který je povinně montován od poloviny 20. století. Funkcí bezpečnostního pásu je připoutat cestujícího k sedadlu a během případné nehody zabránit pohybu směrem dopředu. Aby pás fungoval správně, patří k němu také předepínací zařízení, které může být mechanické nebo pyrotechnické. To zajišťuje správné napnutí a optimální tlak. Nejlépe chrání pásy cestujícího, pokud dojde k čelnímu nárazu, převrácení vozidla nebo nárazu zezadu. V případě, že však dojde k nárazu z boku, účinnost se snižuje. [3;10]

V roce 2011 byla v automobilu Ford Explorer poprvé použita kombinace bezpečnostního pásu s airbegem, která se nazývá Beltbeg. Tyto pásy jsou určeny pro zadní sedadla. Pokud dojde k nehodě, odjistí se patrony se stlačeným plynem a do 40 ms se nafoukne airbag ukrytý uvnitř bezpečnostního pásu. Výhodou je, že se rozloží energie při nárazu, díky tomu se sníží riziko poranění hrudního koše. [11]

4.1.2.2 Airbag

Jedná se o vak, který se po nárazu nafoukne, čímž se sníží riziko nárazu pasažérů do pevných částí automobilu. Celý systém airbagu je tvořen airbagy, nárazovými senzory, centrální řídicí jednotkou airbagů, elektrickou instalací, vypínači čelního airbagu spolujezdce a předepínačem pásů. [6;10]

K nafouknutí airbagů dojde poté, co senzory zaznamenají náraz a díky tomu dojde k aktivaci vyvíječe plynu. Ten následně do 40 ms nafoukne vzduchový vak, který před řidičem vytvoří ochranný prostor ke snížení nárazu. Aby byla ochrana co nejefektivnější, měl by být airbag plně nafouknutý ještě před kontaktem pasažéra s vakem. Funkce airbagů jde ruku v ruce s bezpečnostními pásy. Pokud nebude pasažér připoutaný, může mu airbag vážně ublížit nebo ho dokonce usmrtit. Zároveň se také nesmí před zapnutý airbag umisťovat autosedačka s dítětem. [6;10]

V automobilech je možné nalézt tyto airbagy: čelní, boční (dveřní), okenní (hlavový) a kolenní. Rozmístění airbagů v automobilu lze vidět na obrázku 3. Hlavním úkolem čelních airbagů je chránit řidiče a spolujezdce na předním sedadle před poraněním hlavy a hrudníku. Airbag řidiče se nachází v hlavici volantu a spolujezdce v přístrojové

desce. Boční airbagy umístěny v opěradlech předních sedadel nebo ve dveřích slouží k ochraně hrudníku a bederní partie na předních sedadlech, mohou být však namontovány i na zadních sedačkách. U bočního airbagu dojde k aktivaci vždy pouze na té straně, kde došlo k nárazu. Okenní airbag nalezneme na vnitřní straně rámu střechy a může dosahovat až dvou metrů. Rozprostírá se od předního až po zadní střešní sloupek. Pokud dojde k nárazu, nafoukne se společně s postranním airbagem a chrání tím náraz hlavy pasažérů do postranního skla. Zároveň zabraňuje vniknutí cizích těles do vnitřku vozidla. Nejnovějším airbagem, který se instaluje do aut, je kolenní airbag. Ten se nachází pod sloupkem řízení a jeho úkolem je chránit nohy řidiče před vážnějším zraněním. Studie z roku 2019 však ukazuje, že kolenní airbagy snižují riziko nehody pouze o půl procenta. I toto půl procento však může zachránit životy. [6;10]



Obrázek 3 Rozmístění airbagů v automobilu (1 – čelní airbag řidiče; 2 – čelní airbag spolujezdce; 3 – boční airbag; 4 – okenní airbag; 5 – kolenní airbag) [12]

4.1.2.3 Aktivní opěrka hlavy

Díky aktivní opěrce hlavy dochází ke snížení rizika poranění krční páteře a míchy. Riziko zranění se zvyšuje, pokud dojde k nárazu do zadní části vozidla. Systém se nachází v horní části opěradel předních sedáček a je plně mechanický. Od klasické opěrky se liší

tím, že se aktivní opěrka při nárazu zezadu posune nahoru a vpřed, čímž dojde k razantnímu snížení silového namáhání krční oblasti. [6;10]

K dispozici jsou také aktivní hlavové opěrky druhé generace, které díky zabudovanému separátně uloženému vnitřnímu rámu snižují riziko poranění ještě více. Tento systém po nárazu vzpřímí celé tělo pasažéra, což znemožní nechtěnému posunutí dozadu a vzhůru. Ploché opěrné elementy je posunutý do bederní oblasti, jelikož během nárazu do zadní části vozidla se tato část začne tlačit do opěradla dříve. Posunutí do oblasti pánve tedy dokáže snížit možnost poranění. [6;10]

4.1.2.4 Aktivní kapota

Jedná se o pasivní prvek, který má za úkol chránit chodce při případném střetu s automobilem tím, že se při nárazu o několik desítek milimetrů zvedne zadní část kapoty. Díky tomu dochází ke snížení rizika střetu hlavy, nebo jiné části těla chodce, s nebezpečně tvrdými částmi ve vozidle, jako jsou například hlava motoru, hlavice tlumičů nebo závěsy kapoty. [13]

Náraz je zaznamenáván senzory zrychlení nebo pásovými senzory tlaku, které se nachází v předním nárazníku vozu. Následně dojde přes řídicí jednotku k pokynu k aktivaci akčního členu ve speciálním závěsu kapoty. Ten může fungovat na pyrotechnickém principu, případně je ke zdvižení kapoty použita předpjatá pružina, která je uvolněna elektromagneticky. Pokud po nárazu nedojde k poničení kapoty, je možné vrátit kapotu do původní polohy. Tím se zároveň obnoví její funkce. V případě poškození je potřeba se obrátit na autorizovaný servis. [13]

4.2 Únava

Únava je stav, na který působí mnoho faktorů. Projevuje se zhoršenou rozhodovací schopností a vyšší reakčností organismu na podněty stejné intenzity. U člověka se snižuje fyzická výkonnost, zároveň může být únava zhoršována psychickým tlakem.

4.2.1 Vznik únavy

Únava může vznikat dvojitým způsobem, a to v závislosti na to, o jaký typ únavy se jedná. Víme, že při fyzické zátěži dochází k uvolňování a shromažďování laktátu, který se následně odplavuje ze svalů pomocí krve, což má za následek pocit únavy a nutnost odpočinku. Psychická únava se začne projevovat při vyčerpávání energetických zásob v mozku. Příčin vzniku únavy může být několik. Mezi nejznámější patří stres, spánková deprivace, nedostatek vitamínů, nebo také anémie a cukrovka. [14]

Není však zjištěno, co stojí za únavou, která provází mnoho onemocnění jako například roztroušenou sklerózu, srdeční selhání nebo vysoký krevní tlak. V těchto případech je únava pouze subjektivní příznak, tedy příznak, který nelze změřit a zároveň je velmi těžké ho potvrdit. [14]

4.2.2 Dělení únavy

Dělení únavy je velmi nejednotné a lze ji dělit podle několika hledisek. Hlavní rozdělení únavy je na fyzickou, psychickou, akutní, chronickou, dále může být rozdělena na únavu lokální a globální, fyziologickou a patologickou, centrální a periferní, anaerobní a aerobní. [15]

4.2.2.1 Fyzická a psychická únava

Oba typy této únavy jsou úzce propojeny. Fyzická únava snižuje psychickou výdrž a platí to i naopak. [14;16]

Fyzická únava se projevuje slabostí, bolestí a případně ztuhnutím kosterních svalů. Při vysoké námaze může dojít k třesu nebo křečím. Je charakteristická ztrátou rychlosti, ztrátou koordinace pohybů a poklesu svalové síly. [14;16]

Za psychickou únavou neboli duševní stojí vypotřebování energetických zásob ve strukturách mozku, což zapříčiní snížení citlivosti nervových spojů. Snižuje schopnost

koncentrace, zhoršuje paměť a zvyšuje ospalost. Následkem psychické únavy můžou být deprese, úzkost nebo agresivita, zároveň může způsobit nepozornost za volantem. [14;16]

4.2.2.2 *Fyziologická a patologická únava*

Fyziologická neboli přirozená únava vzniká během cvičení a postupně odeznívá v průběhu regenerace. Může se projevovat ztrátou koordinace nebo změnami v technice prováděného cviku. Jde však o pozitivní projevy, které mohou vést ke zvýšení výkonnosti jedince. Fyziologická únava může postihnout pouze určité části nebo celé tělo. Dělí se na lokální a globální. [14;16]

Patologická únava se objevuje jako nadstavba fyziologické, kdy zátěž přesáhne hranici fyziologické tolerance. V praxi se může jednat o opakující se cvičení bez dostatečné regenerace, přepracování nebo dlouhodobé vyčerpání spojené s nemocí. Dle délky trvání dělíme patologickou únavu na chronickou a akutní. [14;16]

4.2.2.3 *Akutní a chronická únava*

Podle doby trvání a rychlosti vzniku únavy rozlišujeme akutní a chronickou únavu. Akutní únava by neměla mít delší trvání než 24 hodin a vzniká po vysoké intenzivní námaze. K odstranění akutní únavy nám stačí běžný noční spánek. Během spánku dojde k obnovení buněk centrálního nervového systému a následně je člověk opět zotavený. [16]

Oproti tomu chronická únava probíhá dlouhodobě. Může být způsobena běžnými nemocemi, jako například rýmou, chřipkou nebo také špatnou životosprávou. Ke vzniku chronické únavy dochází postupně, kdy člověk nemá dostatek času na regeneraci a dojde k nakušení příznaků, které se však mohou projevit až po delší době. Mezi objektivní příznaky chronické únavy řadíme poruchy v motorické a sensorické oblasti, změny krevního obrazu, monotónní projev, bílkovinu v krvi a třes končetin. Subjektivně na sobě pak jedinec může pociťovat bolest hlavy, labilitu, slabost, poruchu paměti nebo celkovou apatii. Chronická únava lze rozdělit do třech stupňů na lehkou, která se může, vyskytnou například před dovolenou, středně těžkou a těžkou. [16]

4.2.2.4 *Lokální a globální únava*

Jinak také nazývaná místní a celková únava se rozděluje podle účasti organismu na činnosti. Lokální únava ovlivňuje pouze určité části, které jsou do činnosti zapojeny

nejvíce. Vznikne po dlouhodobé konstantní činnosti, například posilování určité části těla. Projevuje se slabostí a možným třesem dané oblasti. [14;16]

Častěji se vyskytuje globální únava, která se týká celé svalové soustavy po delší namáhavé fyzické nebo psychické činnosti. Hlavními příznaky jsou svalová bolest, snížená motorika a koordinace. [14;16]

4.2.2.5 *Centrální a periferní únava*

Názvy těchto únav vycházejí z místa vzniku přímo dané únavy. Centrální únava vzniká na úrovni řídicích a regulačních struktur, tedy v centrální nervové soustavě (CNS), která má vliv na přenosy informací z mozku k pracujícím svalům. Následně dochází k chybám ve vysílání nervových vzruchů a ke snížení frekvence. To má za následek únavu na nervosvalových synapsích. [16]

Únavu periferní způsobuje zatížení pracujícího svalstva. Mezi základní projevy patří přechodné snížení fyzické kondice a schopnosti adaptace na zatížení, což může být zapříčiněno dvěma hlavními důvody. Jednou z nich je vyčerpání energetických zásob, hlavně ATP čili adenosintrifosfátu a svalového glykogenu, díky čemuž nejsme schopni pokračovat v činnosti. Druhou, která má stejné následky, je potom kumulace metabolitů vznikajících v pracujícím svalstvu. [17]

4.2.2.6 *Aerobní a anaerobní únava*

Jedná se o dělení na základě rychlosti nástupu únavy. Aerobní, pomalu nastupující, únava vzniká za anaerobních podmínek, tedy při dostatečném přísunu kyslíku. Výkon je však omezen vysokým poklesem energetických zásob glykogenu. Výroba adenosintrifosfátu pouze štěpením tuků bez současného získávání energie z cukrů není možná. [16]

V průběhu anaerobní, rychle nastupující, únavy dochází k nadprodukci laktátu, rozvoji metabolické acidózy, načež dojde k poklesu glykolýzy a snížení tvorby ATP a CP (kreatinfosfát). Pohyb iontů na buněčných membránách je ovlivněn nadbytkem vodíkového kationtu. To vede ke zhoršení podmínek vzniku a vedení svalových potenciálů, zhoršení smrštitelnosti svalů. [16]

4.3 Nehodovost spojená s únavou

Únava za volantem je velice závažný problém, který každý rok způsobuje několik těžkých dopravních nehod. Jak bylo popsáno výše v kapitole, k únavě může dojít během dlouhé nebo monotónní jízdy bez stimulujících podnětů, po nedostatečném nebo nekvalitním spánku, nebo například po požití alkoholu. [18]

Bylo zjištěno, že pokud pocítujeme už střední únavu, dochází ke zhoršení řídičského výkonu. Bohužel většina řidičů dostatečně nevnímá své tělesné a psychické pocity a následně únavě nepřikládají význam a pokračují v jízdě. Při nehodě se nám tedy prodlužuje reakční doba, a to může zapříčinit mnohem horší následky. [18]

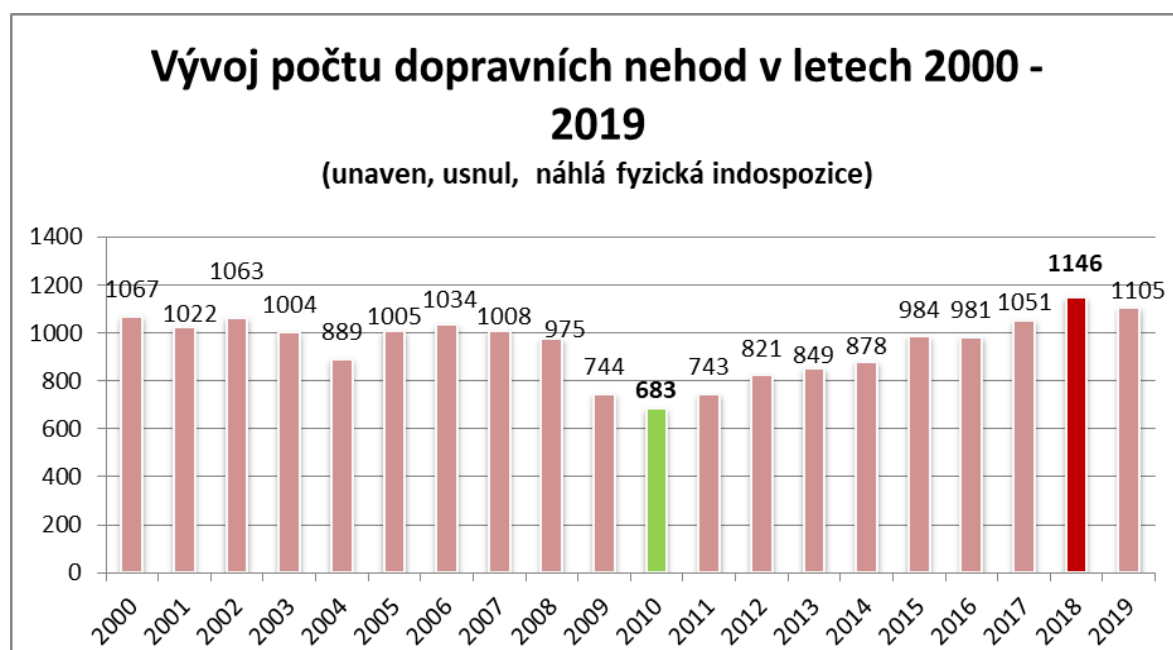
Velice nebezpečný je za volantem také takzvaný mikrospánek, který je způsobený monotónností jízdy. Může trvat 3 až 15 vteřin, kdy po této době dojde k úplnému usnutí, nebo probuzení. I během takto krátké doby však automobil může ujet až několik stovek metrů a přejet do protisměru, kde může zavinit nehodu. Zároveň může být velice nebezpečná reakce řidiče, který se probere z mikrospánku. Často dojde k panice a strhnutí volantu, které vede ke ztrátě kontroly nad vozidlem. [19]

Abychom zamezili případné únavě za volantem, měli bychom se řídit několika pravidly. Neměli bychom usedat za volant, pokud se cítíme unavení nebo ospalí. V případě, že na sobě tyto pocity budeme pozorovat během jízdy, měli bychom okamžitě zastavit. Dále bychom před delší jízdou měli spát více než šest hodin, spánek kratší, než čtyři hodiny je pro delší jízdu velice nebezpečný. Zároveň by se měli každé dvě hodiny dělat pravidelné patnáctiminutové přestávky, abychom se osvěžili. A mělo by se pít dostatečné množství vody. Pokud vyjedeme na delší cestu, měli bychom se vyhnout energetickým nápojům, jelikož nám dodají energii pouze na krátký časový úsek a následně se cítíme mnohem více unavení. To je způsobené vysokým příjmem cukru, který dané nápoje obsahují. [19]

4.3.1 Statistiky nehodovosti

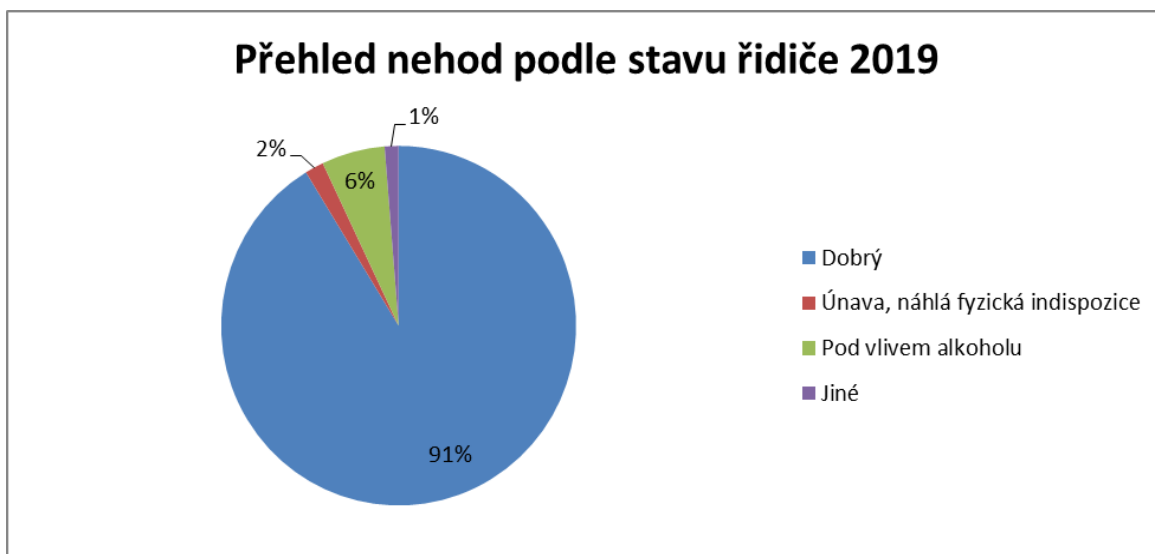
Na obrázku 4 je znázorněn vývoj počtu dopravních nehod v letech 2000 až 2019. Celkově došlo vlivem únavy, usnutí a náhlé fyzické indispozice v tomto období k 19 052 dopravním nehodám. Přičemž nejvíce nehod v České republice bylo evidováno v roce 2018, a to celkem 1 146. Při pohledu do většího detailu bychom zjistili, že největší podíl na

tomto čísle má červen, kdy došlo k 147 nehodám, při kterých byl řidič unaven, usnul nebo došlo k náhlé fyzické indispozici. Oproti tomu v únoru a v prosinci 2018 je zaznamenáno pouze 54 nehod. V roce 2018 bylo usmrceno v průběhu nehody, kdy byl řidič unaven, celkově 16 lidí. Na obrázku 4 také vidíme, že k nejméně nehodám od roku 2000 v souvislosti s únavou došlo v roce 2010, a to konkrétně k 683. [2]



Obrázek 4 Vývoj počtu dopravních nehod v letech 2000–2019 [2]

V roce 2019 došlo celkově k 86 315 nehodám, přičemž na obrázku číslo 5 je vidět, že více než 90 % řidičů, kteří nehodu zavinili, byli v dobrém stavu. To odpovídá 58 954 nehodám. Druhý největší podíl na způsobených nehodách měli řidiči pod vlivem alkoholu a na třetím místě se 2 % se nachází řidiči, kteří byli unaveni, usnuli za volantem, nebo u kterých došlo k náhlé fyzické indispozici. Daná 2 % odpovídají 1105 řidičům, kteří nehody zavinili. Počet účastníků dopravních nehod, kteří byli unavení, tedy může být daleko vyšší, tyto čísla však nejsou k dispozici. Mezi jiné jsou zařazeni řidiči, kteří byli pod vlivem narkotik, invalidní, kteří se pokoušeli o sebevraždu a kteří při jízdě zemřeli (např. infarkt). [2]



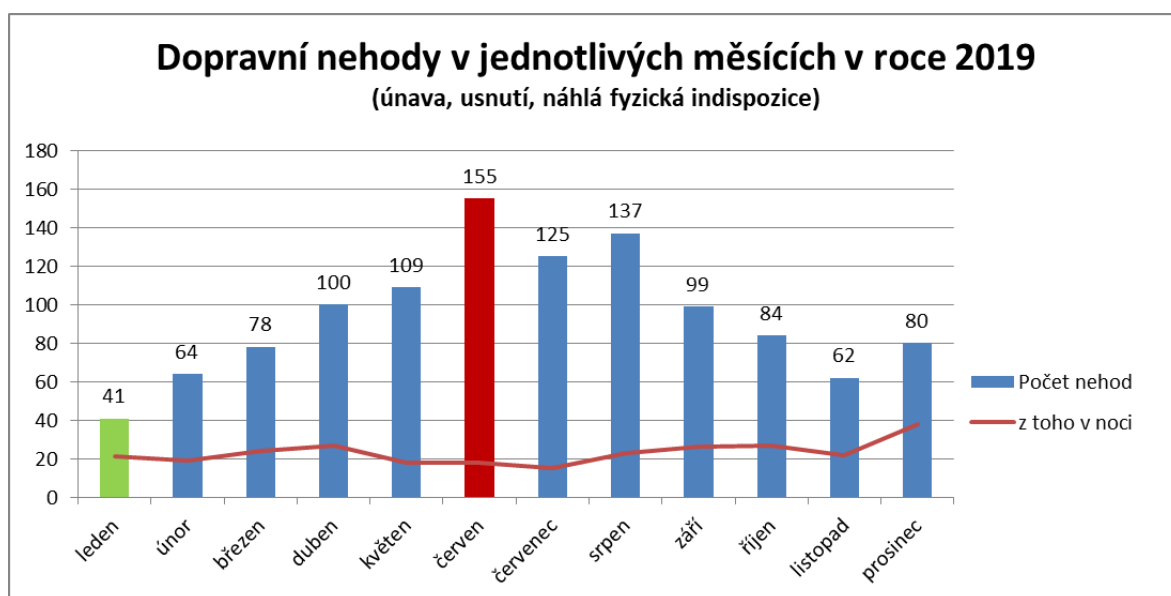
Obrázek 5 Přehled nehod podle stavu řidiče 2019 [2]

Detailní rozebrání počtu nehod dle krajů způsobených řidiči, kteří byli unaveni, usnuli za volantem nebo u nichž došlo k náhlé fyzické indispozici, lze najít v obrázku 6. Z obrázku dokážeme vyčíst, že nejvyšší množství dopravních nehod bylo ve Středočeském kraji a nejmenší v hlavním městě Praha. To může být způsobeno tím, že Středočeský kraj má největší rozlohu s nejvyšším počtem obyvatel z celé republiky. Průměrně došlo v jednotlivých krajích k 79 nehodám. [2]



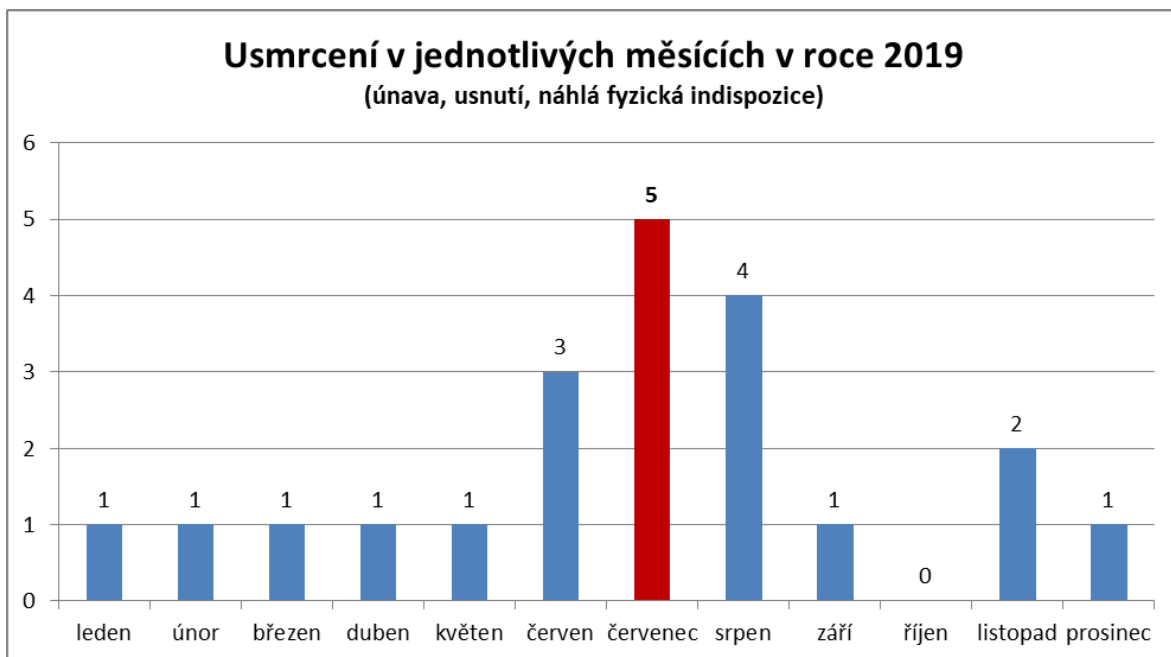
Obrázek 6 počet nehod dle krajů za rok 2019 [2]

Pokud bychom se zaměřili na jednotlivé měsíce na obrázku číslo 7 v roce 2019, vyšlo by nám, že nejrizikovější měsíc byl červen. Hlavním důvodem mohou být zahraniční, ale také tuzemské cesty na dovolenou. Přispívá k tomu také fakt, že dalšími měsíci s nejvyššími čísly, jsou červenec a srpen, tedy letní měsíce. Na druhém konci žebříčku s nejnižším počtem nehod je leden s celkovým počtem 41. Průměrně došlo k 95 střetům. Zároveň na obrázku lze vidět křivku, které zobrazuje, kolik bylo v daném měsíci nehod v noci z udaného celkového počtu. I když se jedná o příčiny způsobené únavou nebo usnutím, což v nás může evokovat cestu v noci, průměrně došlo k 23 nehodám v každém měsíci. V některých měsících to znamená padesátiprocentní podíl na celkových nehodách, v letních měsících jde přibližně o 15 % z celku. [2]



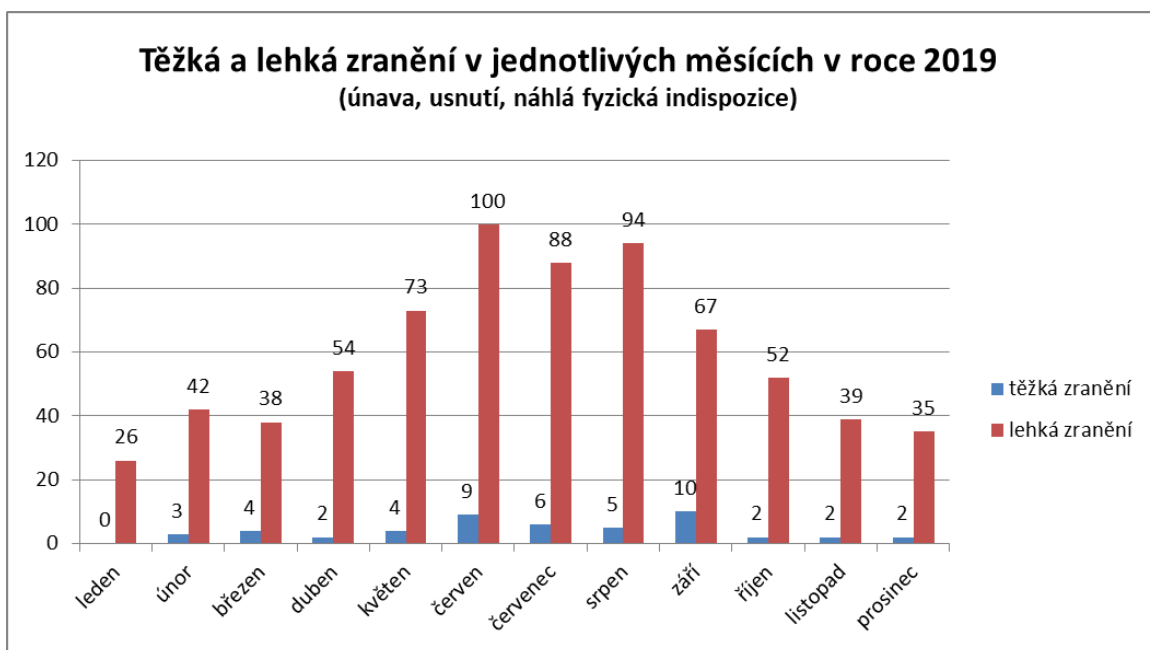
Obrázek 7 Dopravní nehody v jednotlivých měsících v roce 2019 [2]

Při dopravních nehodách dochází často ke ztrátám na životech. Vlivem únavy, usnutí a náhlé fyzické indispozice došlo v roce 2019 celkově k 21 úmrtím. Na obrázku číslo 8 je podrobně zobrazeno, v jakých měsících došlo ke smrtelným nehodám. Nejlépe dopadl říjen, ve kterém nedošlo k žádné boudaře se smrtelnými následky. Oproti tomu nejhorší je červenec, což koresponduje s daty z obrázku číslo 7, jelikož tento měsíc byl třetím nejhorším v počtu nehod. Průměrně došlo ke 2 smrtelným nehodám. [2]



Obrázek 8 Usmrcení v jednotlivých měsících v roce 2019 [2]

V případě, že dojde ke střetu, mohou účastníci odcházet s těžkými nebo lehkými zraněními. Pokud bychom sečetli veškerá zranění způsobené v důsledku únavy, usnutí a náhlé fyzické indispozice řidiče, došli bychom k číslu 757. Z toho těžkých zranění bylo 49 a lehkých 707. Opět je na obrázku číslo 9 vidět, že k nejvíce zraněním došlo v letních měsících, což potvrzuje, že se může jednat o jedince, kteří cestují na letní dovolenou. K nejméně zraněním došlo v lednu, a to jak u těžkých, tak u lehkých zranění. [2]



Obrázek 9 Těžká a lehká zranění v jednotlivých měsících v roce 2019 [2]

4.4 Systémy pro sledování stavu řidiče

Díky neustálému sledování a testování asistenčních systému se stává nejnebezpečnější a nejméně spolehlivou částí automobilu samotný řidič. Hlavním důvodem je to, že může podlehnout únavě, která ovlivňuje jeho pozornost a rychlost reakcí, zároveň může být ovlivněn emocionálním stavem nebo může být pod vlivem alkoholu a drog. Proto je potřeba neustále monitorovat řidičův stav, a pokud poklesne jeho schopnost pod určitou hranici, varovat ho, nebo mu, popřípadě zamezit v pokračování řízení. Systémy pro sledování stavu řidiče jsou nejčastěji založeny na analýze pohybu očí řidiče, které snímají infračervené kamery. [9]

Do sledování řidiče jsou zahrnuty veškeré systémy, které zkoumají stav a následně varují, pokud se pozornost sníží pod určitou hranici. Momentálně jsou rozlišovány dva možné způsoby. U prvního z nich dochází ke znázorňování změn v úrovni pohotovosti pomocí časového grafu. Toto varování je signalizováno pomocí barevného upozornění, které může přejít až ke hlasovému varování, a to, pokud nedojde ke zvýšení řidičovi pozornosti. Řidič může být po dosažení kritického bodu upozorněn pomocí alarmu, který signalizuje opuštění jízdního pruhu. Druhou možností je měřit bdělost analyzováním korekcí řízení nebo mírou klikatosti jízdy. V této formě je za určitý časový úsek vyhodnocen počet menších korekcí směru jízdy, které následně určí, že došlo ke snížení pohotovosti. Rychlost varování se vypočítá podle toho, kolikrát automobil nedokázal přesně sledovat jízdní pruh. [9]

Detektory stavu řidiče je možno rozdělit podle jejich umístění na bezkontaktní a kontaktní snímače. Mezi bezkontaktní snímače řadíme snímač očních pohybů, pohybů hlavy, pohybu úst, systém sledování bdělosti na základě chování při řízení, seismokardiografii a odhad únavy řidiče na základě výsledků zátěžového vyšetření. Tyto detektory nejsou přímo napojené na řidiče. U kontaktních snímačů je potřeba, aby byl řidič přímo napojen na měřicí přístroje. Tyto detektory snímají signály mozku (EEG), signály srdce (EKG), galvanické kožní odezvy (EDA), respiraci a pulzní oxymetrii. [20]

4.4.1 Vizuální detekce pomocí kamer

Aktuálně existují systémy, které dokážou pomocí sledování vizuálních projevů v obličeji rozeznat příznaky únavy, nepozornosti nebo určité choroby. V obličeji se lze zaměřit na pohyby očí, hlavy a úst, pomocí kamer je možné také detekovat pohyby těla. [20]

4.4.1.1 Pohyby očí

Nejvíce rysů v obličeji je možné pozorovat na pohybech očí a očních víček. Stupeň únavy dokážeme určit na základě rychlosti očních víček a frekvence mrkání. Systém zároveň dokáže určit, zda máme víčka zavřená nebo jsou otevřená příliš dlouho, což může být zapříčiněno nemocí nebo náhlou fyzickou indispozicí. V průměru mrkne dospělý jedinec každých 3 až 8 vteřin, což odpovídá frekvenci kolem 12 mrknutí každou minutu, která se s rostoucí únavou postupně snižuje. Frekvence ale může být ovlivněna také stresem, věkem nebo nemocí. [20]

Dalším hodnotícím prvkem nastupující únavy je doba mrknutí, tedy rychlost, během které zavřeme a opět otevřeme oči. Ta může trvat od 100 do 400 ms a při nastupující únavě se prodlužuje. Pokud na sobě pocítujeme únavu, může také docházet k postupnému přivírání očí. Tento jev je však potřeba sledovat v delším časovém úseku a může k tomu být využit PERCLOS algoritmus, který dokáže určit, jak velké procento oka je zavřeno, následně může systém upozornit řidiče na pozvolné usínání. Dále také mohou být sledovány pomalé pohyby očí, strnulý pohled nebo déletrvající pohled mimo důležité body zájmu. [20]

4.4.1.2 Pohyby hlavy

U detekce únavy je možné také pozorovat celkové pohyby hlavy. K tomu jsou využity senzory a kamerové systémy, které následně porovnají situaci kolem vozidla se směrem natočení hlavy. Dalšími projevy silné únavy, které je možné monitorovat, jsou klimbání a případně pomalý pokles hlavy se zavřenýma očima a následné rychlé zvednutí do normální pozice. [20]

4.4.1.3 Pohyb úst a těla

Mezi nejčastější projevy únavy řadíme zívání, které je možné monitorovat kamerovým systémem, který snímá obličej. K monitorování se používá u většiny systémů pouze jedna kamera, existují také ale systémy, které využívají více kamer, a tedy pohledy z více úhlů. U této detekce je problém rozeznávat zívání od případu, kdy řidič pouze komunikuje se zbytkem spolucestujících. Další komplikací při zívání je zakrývání úst rukou. [20]

Pomocí kamerového systému je možné také sledovat pohyby těla. Systém dokáže identifikovat strnulost, případně neobvyklé, nebo nedefinované pohyby a zasáhnout. [20]

4.4.2 Sledování bdělosti na základě chování při řízení

Tyto systémy jsou, na rozdíl od výše popsaného, zaměřeny na jízdu řidiče. Jedná se o detekci nebezpečné nebo neobvyklé jízdy, která je sledována kamerami a senzory. Tyto systémy jsou aktuálně používány ve většině automobilových závodů a může do nich být zařazeno sledování jízdního pruhu, detekce dopravního značení, okolních vozidel a světel na semaforech. Další možností je porovnání dat o stylu jízdy na počátku a pokročilejší fázi řízení. [20]

Systém sledování jízdního pruhu neboli Lane Assistant funguje pomocí zabudované kamery na čelním skle a napomáhá řidiči udržet vozidlo v jízdním pruhu. Pro plnou funkci tohoto systému je zapotřebí, aby na silnicích a dálnicích bylo dobře viditelné vodorovné značení, jelikož kamery analyzují rozdíl v kontrastu mezi vozovkou a dělicími čarami. Pokud dojde k neúmyslnému vyjždění z pruhu, bude řidič upozorněn grafickým symbolem na displeji a vibrujícím volantem. V případě, že řidičova reakce bude pomalá nebo k ní nedojde, systém se pokusí vrátit vozidlo do jízdního pruhu sám. [20]

V průběhu jízdy se může stát, že řidič přehlédne dopravní značku, která upravuje rychlost jízdy. Některé automobilové systémy však dokážou zobrazit aktuální limit, aby byl řidič upozorněn na maximální povolenou rychlost. Tyto systémy analyzují data, která získávají z kamer pro rozeznávání značek, ty mohou zároveň spolupracovat s daty ze satelitní navigace. Na palubní desce mohou být také znázorněny další dopravní značky, které se zobrazí pouze po omezenou dobu. Po projetí kolem značky začne daný symbol tmavnout, až úplně zmizí. [9]

Při porovnání dat o stylu jízdy na počátku a pokročilejší fázi řízení dochází k analýze po nastartování vozidla a data jsou dále uchovány pro následné porovnání. U těchto systému však může nastat chyba, pokud prvních 15 minut bude zaznamenáno ve městě a následně pojedeme po dálnici, toto srovnání bude nepoužitelné, jelikož způsob jízdy je odlišný. Je tedy potřeba srovnávat chování při řízení například na začátku jízdy po dálnici a v průběhu. [20]

4.4.3 Seismokardiografie

Jedná se o možnost snímání srdeční aktivity bez nutnosti nalepování elektrod, řidič je tedy pozorován bez připojení k přístroji. Aktivita je měřena pomocí dynamického senzoru síly, který se umísťuje pod sedadlo. Měří se krev, která směřuje od srdce do cév a tím tedy i srdeční aktivita. To však může být zkresleno vibrací jízdy nebo pohyby řidiče a z tohoto důvodu se momentálně jedná o nevyužívanou metodu sledování stavu řidiče. Použitelná data by byla pouze ze situací, kdy se vozidlo nepohybuje, například při stání na semaforech s vypnutým motorem. [20]

4.4.4 Odhad únavy řidiče na základě výsledků zátěžového vyšetření

U této metody se nejedná o pozorování aktuálního stavu při jízdě, ale jde o pouhý odhad na základě výsledků testů, které řidič podstoupil před jízdou. Mohl by být určen zejména pro starší a nemocné řidiče, nebo pro profesionální řidiče.

Test je prováděn ve speciální lékařské ordinaci, která je vybavena chodníkovým nebo bicyklovým ergometrem. Vyšetření spočívá v tom, že pacient běží, nebo jede na kole a je u něj zaznamenávána tepová frekvence, ventilace a obsah CO₂ a O₂ ve vydechaném vzduchu. Z těchto údajů je vytvořena zpráva o fyzické kondici a orientační model, díky kterému jde odhadnout, jakou zátěž a ventilaci dokáže řidič snést. Pokud nedojde u řidiče k rozsáhlým změnám životního stylu nebo zdravotního stavu, je tento model možno použít déle než 1 rok. V závislosti na tomto testu může být řidiči doporučena přestávka po překonání určité hodnoty práce, kterou řidič vykonal. [20]

4.4.5 Snímání signálů mozku (EEG)

EEG jinak také elektroencefalografie je jedním z neinvazivních způsobů, jak zaznamenávat elektrickou aktivitu mozku. K tomu jsou používány povrchové elektrody, které snímají změny v polarizaci neuronů. Tyto potenciály jsou zpracovány elektroencefalografem a dochází ke zkoumání rozdílů mezi dvěma senzory. Pro pozorování je používána EEG čepice, kterou musí mít pozorovaný nasazenou na hlavě. Dále se řeší vodivost mezi hlavou a elektrodami, kdy rozhraní funguje na principu tekutina – kov. Aktuálně nedochází k využívání této metody pro pozorování stavu řidiče, kvůli rozměrům a složitosti. [20]

4.4.6 Snímání signálů srdce (EKG)

Elektrokardiografie (EKG) je vyšetřovací metoda, při které je snímána elektrická srdeční aktivita a následně se vyhodnocuje podle časového záznamu EKG křivek. Z toho je možno vyčíst tepovou frekvenci a proměnlivost srdečního rytmu. Na činnosti srdce jde také poznat, zda jsme momentálně unaveni nebo jsme například ztratili vědomí. Ve stresu či fyzickém vypětí dochází ke zvýšení srdeční aktivity, oproti tomu dojde ke snížení, pokud jsme v klidu. Nárůst srdeční činnosti dále způsobuje nádech a při výdechu se opět sníží, což je způsobeno velkým množstvím kyslíku v plicích při nádechu, přičemž srdce se snaží dodat velké množství krve k okysličení. [20]

Pro měření se používá 12 elektrokardiografických elektrod, přičemž dvě jsou umístěny nad zápěstí, dvě nad kotníky a zbytek na oblast hrudního koše. Díky kombinaci elektrod vznikají svody, které zaznamenávají rozdíl mezi rozmístěnými elektrodami azobrazují na časovém záznamu amplitudu srdce, která by se měla pohybovat v jednotkách mV s frekvencí 0,1 – 140 Hz. [20]

4.4.7 Galvanická kožní odezva

Jedná se o snímání elektrodermální aktivity díky principu kožního odporu. Vodivost kůže je určena pomocí míry pocení, která se může zvyšovat či kolísat, pokud je člověk ve stresu nebo dojde k leknutí, tím pádem se zvýší také vodivosti. Tu lze měřit díky konstantnímu nízkému napětí. [20]

Elektrody pro toto měření musí být umístěny na místa, která se při řízení moc nepohybují, ale zároveň nesmí bránit řidiči v pohybu. Místo, na které jsou elektrody

umístovány, musí mít velké množství nervových zakončení a potních žláz a musí být prokrvené, proto jsou většinou umístovány na článku prstů, dlaně nebo nárt. To však pro řidiče není příliš vyhovující kvůli změnám teplot a častému pohybu. Z tohoto důvodu se jeví jako lepší místo například klíční kost. Identifikovat změnu ve vodivosti nám umožňuje psychogalvanický reflex, který dokáže vyvolat reflexivní změnu vodivosti se zpožděním okolo jedné vteřiny po příslušném podnětu. Tento reflex není možné měřenou osobou nijak ovlivnit, jelikož se tak děje díky autonomním nervům sympatikus. [20]

4.4.8 Snímání respirace

Respirace je měřena za běžných podmínek pomocí tenzometrického pásu, který je upnutý kolem hrudníku. Během jízdy však dochází k otřesům, které by mohly zkreslit měření, a proto bývá doplněn termistorem pod nosními otvory. Tato kombinace zabezpečuje zaznamenávání dechové frekvence a hloubky dechu. Pokud je jedinec ve stresu, projevuje se to zrychleným hlubokým dýcháním, naopak v klidovém režimu je dech mělký s nižší dechovou frekvencí. Díky monitorování dechu by mohl tento systém rozpoznat, zda má řidič problémy s dýcháním, je ve stresové situaci, nebo nedýchá vůbec a následně adekvátně zareagovat. [20]

4.4.9 Pulzní oxymetrie

Jedná se o neinvazivní metodu měření saturace krve kyslíkem. Existují dvě metody měření, prostupná oxymetrie a odrazná oxymetrie. U prostupné oxymetrie dochází k měření světla, které projde skrz tkáň. Odrazová funguje na principu odraženého světla od tkání. U obou metod se pulzní oxymetr se zabudovaným zdrojem světla připevní na dobře prokrvené místo, nejčastěji na ušní lalůček nebo prst. Následně dochází k měření, a to díky hemoglobinu, který dokáže absorbovat a odrážet světlo. V případě, že je na hemoglobin navázán kyslík, tak odráží méně a více absorbuje infračervené světlo, u hemoglobinu bez kyslíku dochází k menšímu odražení a větší absorpci červeného světla. Porovnáním těchto hodnot získáme saturaci krve kyslíkem. U zdravé osoby se saturace pohybuje kolem 95–100 %, pokud dojde ke snížení, začne osoba upadat do mdlob nebo dojde k dušnosti. [20]

4.5 Snímače

Ve vozidlech se využívají snímače pro asistenční systémy, které napomáhají řidiči při jízdě, ale zároveň také senzory snímající posádku vozu. Mezi nejčastěji používané se řadí senzory radarové, laserové, infračervené, ultrazvukové a videosenzory. [9]

4.5.1 Radarové snímače

Radarové snímače využívají k určení vzdálenosti elektromagnetické vlny. V krátkých impulzech jsou vyslány silné svazky vln a během nastalých pauz jsou přijímány vlny, které se odrazily od hledaného objektu. Vzdálenost nalezeného objektu je vypočítána díky interferenci vyslaného a odraženého signálu. V automobilech bývá radarový snímač používán ke zjištění a regulaci odstupu jedoucích vozidel s frekvenčním pásem od 76 do 77 GHz. [9]

4.5.2 Laserové snímače

Fungují na principu vyslání krátkého světelného impulsu laserovou diodou a následného přijetí pomocí optického přijímače. Jedná se o jedno z nejpresnějších a nejrychlejších měření, jelikož odezva nastává za několik milisekund a rozdíl vzdáleností může být několik desítek mikrometrů. Laserové snímače jsou například využity u Closing Velocity Sensor, kde slouží pro vyhodnocení informací o rychlosti a vzdálenosti objektu ve směru jízdy automobilu. Díky této informaci dokáže vozidlo rozpoznat hrozící náraz a adekvátně zareagovat. V rámci sledování stavu řidiče potom laserové snímače mohou monitorovat vzdálenosti a polohy těla řidiče. [9]

4.5.3 Infračervené snímače

Infračervené záření může být snímáno dvěma metodami. U první metody dochází ke snímání vyzařování infračervených paprsků přímo z povrchu sledovaného objektu, druhá metoda monitoruje záření, které se odráží z povrchu objektu, kdy se danému objektu dodává tepelná energie z jiného vnějšího zdroje, například z infrazářiče nebo laseru. Toto záření není vidět pouhým okem a díky tomu není možné, aby oslnilo řidiče nebo jiné účastníky provozu. Z tohoto důvodu se jedná o velice vhodné snímače pro jízdu v noci nebo za nepříznivých podmínek. Sledované záření je převedeno do obrazového signálu, jenž je složený z několika odstínů, přičemž každý odstín reprezentuje určitý

teplotní rozsah. Z tohoto obrazu dokážeme vyčíst mnoho informací souvisejících s teplotní změnou. [9]

Infračervené senzory pracují dvojím způsobem, buď na principu tepelných snímačů, nebo jako kvantové snímače. U tepelných snímačů dojde při absorpci fotonů k oteplení citlivé části senzoru a následně je pohlcená energie vyhodnocena nepřímo přes senzory teploty, oproti tomu u kvantových snímačů je vyhodnocení díky fotoelektrickému jevu v polovodičích. [9]

V automobilech mohou být použity pro sledování tělesné teploty řidiče, u asistenčních systémů mohou monitorovat prostor před vozidlem, pokud je zhoršená viditelnost. Následně se venkovní situace zobrazí na palubové obrazovce v kabině řidiče. [9]

4.5.4 Ultrazvukové snímače

Ultrazvukové senzory vyhodnocují ultrazvukové paprsky, které jsou emitovány vysílačem s frekvencí v řádu několika desítek kHz. Snímač vyšle zvukový signál, který se odrazí od objektu a rozechvěje membránu, jakmile dorazí zpět. Vibrace jsou následně převáděny na elektrický signál, který zpracovává řídicí jednotka. [9]

Využívají se převážně k určování odstupů od překážek a ke sledování okolního prostoru při parkování a jíždění, kdy se jejich rozsah pohybuje do 1,5 metru. [9]

4.5.5 Videosenzory

Videokamera slouží k zaznamenání okolí vozidla, jednotlivé pixely se vyhodnotí a zpracují. Díky tomu mohou být rozříděny do jednotlivých skupin – vozidla, dopravní značení, značení vozovky. Řidič dostává díky videosenzorům podrobné informace o okolí vozidla, což zvyšuje bezpečnost jízdy a zlepšuje jízdní komfort. [9]

Kamera může být tedy využita ve vozidle jako podpora pro noční vidění, identifikaci dopravních značek, identifikaci dalších vozidel a k identifikaci překážek v jízdním pruhu. Zároveň uvnitř vozidla dokáže monitorovat stav řidiče, což bylo popsáno detailně v kapitole 3.4.1 [9]

4.6 Existující systémy pro sledování únavy řidiče

V této době již existují na trhu systémy, které jsou zabudovány přímo do automobilů a slouží k detekci únavy řidiče. Většina z nich funguje na principu snímání jízdy, případně vybočení z pruhů a následně řidiče upozornění na možné nebezpečí.

4.6.1 Volvo

Automobilka Volvo poskytuje zákazníkům Driver Alert Systém, který upozorňuje řidiče při opuštění jízdního pruhu a při možné únavě. Systém se aktivuje při rychlosti nad 65 km/hod a jeho součástí jsou dvě funkce, které mohou být zapnuty současně, nebo každá zvlášť. Jedná se o Driver Alert Control – DAC a Lane Departure Warning – LDW/ Lane Keeping Aid (LKA). [21]

Driver Alert Control detekuje pomalu se snižující koncentraci řidiče pomocí kamer detekujících boční značení na vozovce a porovnávání části vozovky s pohyby volantu. Řidič je upozorněn, pokud vůz nesleduje plynule značení vozovky. [22;23;24]

Lane Departure Warning/ Lane Keeping Aid slouží ke snížení nebezpečí vyjetí automobilu do protisměru. Rozdíl u daných systémů je v reakci automobilu na nastalou situaci. Zatímco u LDW je řidič upozorněn zvukovým signálem nebo pulzací volantu, LKA samostatně s vozidlem zajede zpět do jízdního pruhu a upozorní řidiče vibrací volantu. [22;23;24]

4.6.2 Volkswagen

Systém používaný v automobilech koncernu Volkswagen vyhodnocuje pohyby volantu, které jsou v případě únavy krátké a trhané. Zároveň sleduje další ukazatele, jako ovládání pedálu plynu nebo příčné zrychlení. Dané ukazatele jsou porovnávány s informacemi zaznamenanými na začátku jízdy, kdy vozidlo předpokládá, že řidič není unaven. Jakmile systém detekuje možnost únavy, je řidič upozorněn pětisekundovou akustickou výstrahou a optickou indikací doporučující řidiči pauzu na přístrojové desce. Pokud řidič do 15 minut neudělá přestávku, varování se opakuje. [25]

4.6.3 Ford

Ford podobně jako Volvo sleduje vychýlení jízdy vozidla a následně koriguje danou jízdu, toho je docíleno pomocí kamery umístěné za zpětným zrcátkem, která skenuje vše od linie chodníků a dopravního značení. Řidič je následně upozorněn zvukovými signály.

Upozornění je možné zrušit pouze zastavením automobilu a otevřením dveří, tím dostane systém signál, že došlo k přestávce nebo k výměně řidiče. [26]

4.6.4 Mercedes

System ATTENTION ASSIST analyzuje chování řidiče v prvních minutách jízdy a hodnotí techniku řízení s využitím více než 70 parametrů, které zaznamenává po celou dobu jízdy. Patří mezi ně například interakce s ovládacími prvky nebo vnější faktory jako stav vozovky nebo boční vítr. Na základě těchto parametrů dokáže určit, kdy je řidič unaven. System je aktivní při rychlosti od 60 km/h do 200 km/h. Po zvážení všech faktorů zašle systém upozornění, které navrhne, aby si řidič dal přestávku. [27]

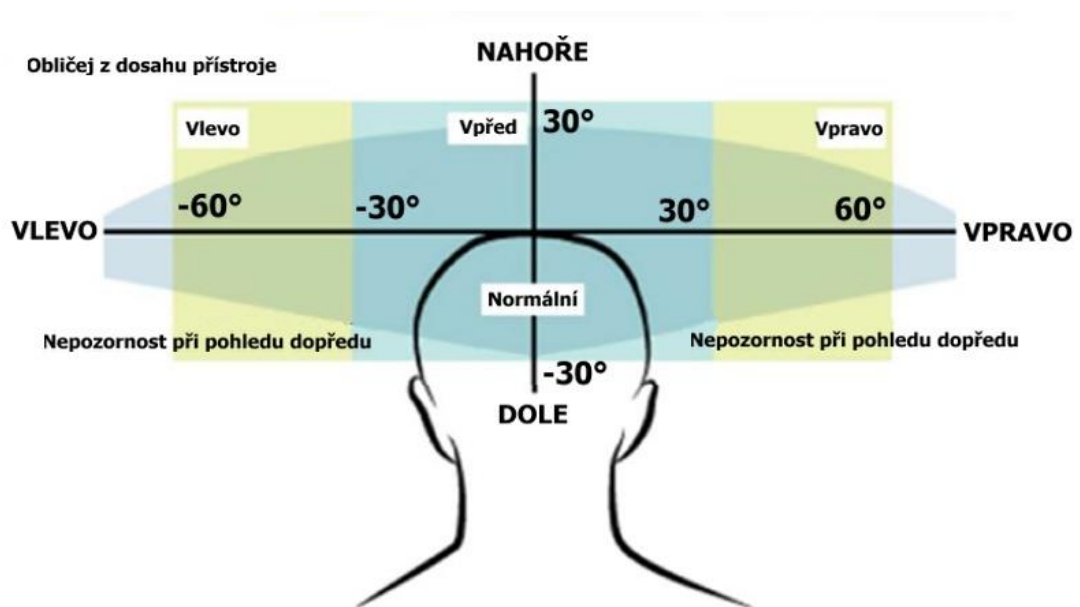
5 Vlastní práce

Před samotným testováním spolehlivosti je nutné si přiblížit detektory únavy, na kterých bude testování prováděno, uvést jejich technické parametry, seznámit se se průběhem měření a charakterizovat subjekty, kterých se bude testování týkat.

5.1 Vybrané detektory únavy

Pro diplomovou práci byly vybrány dva přístroje značky VUEMATE, u kterých bude testována jejich spolehlivost. Konkrétně se jedná o modely VUEMATE DL550A a VUEMATE DL330A. Přístroje vyrábí výrobce Dinalog, Inc., který působí v Koreji, v České republice ho zastřešuje společnost QTEST.

Oba přístroje plní tutéž funkci, liší se pouze v provedení. Obrázek 10 nám ukazuje, jaký rozsah detekce obličeje a zorniček nám oba přístroje nabízí. Pokud se zorničky, případně celý obličej vychýlí o 30° v jakémkoliv směru jedná se o "Ospalost", tato zóna je na obrázku označena světle modrou barvou. U vychýlení o 30° - 60° vlevo nebo vpravo od přímého pohledu, tedy ve žluté zóně, jde o "Nepozornost při pohledu dopředu". Poslední možností je vychýlení o více než 60° vlevo nebo vpravo od přímého pohledu, tento případ detektor označí jako „Otočení hlavy“. [28]



Obrázek 10 Rozsah detekování obličeje [28]

5.1.1 VUEMATE DL330A

Rozměrově menší přístroj je vhodnější do osobních automobilů, kde detekuje a varuje před ospalostí a nepozorností při jízdě. Jeho fotografii lze vidět na obrázku 11. Technické údaje přístroje jsou uvedeny v tabulce 1.






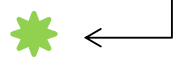
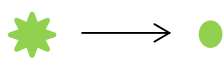
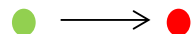
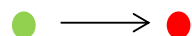
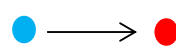
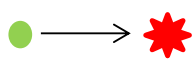
Obrázek 11 VUEMATE DL330A [28]

Parametr	Hodnota
Rozměry	92 x 24 x 46 mm
Hmotnost	80 g (včetně držáku)
Pracovní teplota	-20 °C až +70 °C
Příkon	max.: 2,5 W
Napájecí napětí	12/24 V DC
Zvuková signalizace	mikro-reproduktor (min. 90 dB)
Kamera	obrazový procesor CMOS

Tabulka 1 Technické údaje VUEMATE DL330A [28]

Detektor má celou škálu upozornění. Pokud přístroj zaznamená vychýlení hlavy, oznámí to řidiči automobilu zvukovou a světelnou signalizací, která je znázorněna a vysvětlena na obrázku 12.

-  = LED svítí
-  = LED bliká

Funkce	Popis	Stav LED	Varovné signály
Zapnutí	Když je zapnuto napájení, systém se spustí a inicializuje se přibližně 5 sekund.	OFF -  	Krátký sled tónů
Rozpoznání zřítelnice oka	Když je zřítelnice oka řidiče zaměřena objektivem kamery, LED bliká zeleně. Pokud řidič zůstane v této pozici cca 1 sekundu, LED bude svítit zeleně.		Gong
První alarm při detekci ospalosti	Varovný signál se zapne, když řidič zavře oči po přednastavenou dobu (cca 1 sekunda), a to v každém směru, vždy až do 30° od přímého pohledu.		Ostré pípnutí
Druhý alarm při detekci ospalosti	Varovný signál se zapne, když ospalost pokračuje přes 1 sekundu i po prvním varování a trvá, dokud řidič neotevře oči.		Kolísavý tón
Alarm při nepozornosti	Varovný signál se zapne, když se zornice oka řidičevychýlí z přímého směru o 30°- 60° vlevo nebo vpravo na déle než cca 3 sekundy.		Gong - Gong
Otočení hlavy	Světelný signál se zapne, když řidič otočí hlavu o 60° vlevo nebo vpravo od přímého směru.		
Vypnutí	Pokud je napájecí kabel odpojen nebo je vypnuto zapalování auta.	OFF	

Obrázek 12 Provozní stavy a signalizace [28]

5.1.2 VUEMATE DL550A

Tento detektor je vytvořen spíše pro užitková vozidla, jako jsou nákladní automobily, kamiony, autobusy a dodávky. Dá se však zapojit také do osobního automobilu. Jeho podobu vidíme na obrázku 13. Technické údaje jsou uvedeny v tabulce 2.

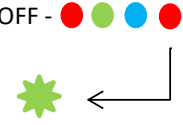
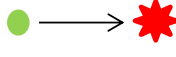



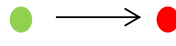
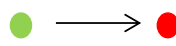
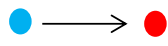
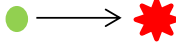


Obrázek 13 VUEMATE DL550A [28]

Parametr	Hodnota
Rozměry	126 x 83 x 38 mm
Hmotnost	150 g (samotný přístroj)
Pracovní teplota	-20 °C až +70 °C
Příkon	max.: 4 W
Napájecí napětí	12/24 V DC
Zvuková signalizace	mikro-reproduktor (max 95 dB)
Kamera	obrazový procesor CMOS

Tabulka 2 technické údaje VUEMATE DL550A [28]

Stejně jako model DL330A upozorňuje tento detektor řidiče zvukovou a světelnou signalizací, která je znázorněna na obrázku 14. Jediným rozdílem v porovnání s DL330A je signalizace při zaměřování zorníček. Značení LED je stejné jako u obrázku 12.

Funkce	Popis	Stav LED	Varovné signály
Zapnutí	Když je zapnuto napájení, systém se spustí a inicializuje se přibližně 12 sekund.	OFF - 	Krátký sled tónů
Montážní polohy přístroje	Když není zornice oka řidiče zaměřena objektivem kamery.		
	Když se obličej přiblíží rozsahu rozpoznávání.		Gong
	Pokud řidič zůstane v této pozici cca 1 sekund, LED bude svítit zeleně.		
	Pokud řidič zůstane v této pozici cca 1 sekundu, LED bude svítit zeleně a nastavení je dokončeno.		Gong - Gong
První alarm při detekci ospalosti	Varovný signál se zapne, když řidič zavře oči po přednastavenou dobu (cca 1 sekunda), a to v každém směru, vždy až do 30° od přímého pohledu.		Ostré pípnutí
Druhý alarm při detekci ospalosti	Varovný signál se zapne, když ospalost pokračuje přes 1 sekundu i po prvním varování a trvá, dokud řidič neotevře oči.		Kolísavý tón
Alarm při nepozornosti	Varovný signál se zapne, když se zornice oka řidiče vychýlí z přímého směru o 30° - 60° vlevo nebo vpravo na déle než cca 3 sekundy.		Gong - Gong
Otočení hlavy	Světelný signál se zapne, když řidič otočí hlavu o 60° vlevo nebo vpravo od přímého směru.		Píp - píp
Vypnutí	Pokud je napájecí kabel odpojen nebo je vypnuto zapalování auta.	OFF	

Obrázek 14 Provozní stavy a signalizace DL550A [28]

5.2 Průběh měření

Z bezpečnostních důvodů bylo měření prováděno u pevného počítače. Měření v domácích podmínkách mohlo částečně ovlivnit výsledky, jelikož subjekty se cítily více uvolněně a mohly být méně soustředěny na jízdu. Aby však nedošlo k ohrožení subjektů, případně dalších účastníků provozu, byl vybrán tento způsob testování.

Prvním krokem bylo zapojení přístrojů. Oba přístroje fungují shodně na napájení DC 12/24 V, rozdílem však bylo zakončení. Zatímco VUEMATE DL330A má klasický napájecí kabel, DL550A je zakončen kabely GND a DC 12/24 V.

Aby bylo možné připojit detektory v místnosti bylo potřeba sehnat zdroj. Pro detektor DL330A byl použit měnič napětí Compass 230/12 V 5Amp, detektor DL550A byl připojen k bezúdržbovému akumulátoru, který byl současně připojen do zásuvky pomocí nabíječky baterií. Pokud by se zapojovaly přístroje do automobilu, bylo by zapojení VUEMATE DL330A uživatelsky příjemnější, jelikož stačí zapojit do autozapalovače. U modelu DL550A je nutné připojit kabely přímo ke zdroji pod volant, což může být pro některé řidiče problematické.

Přístroje byly zapojeny současně, aby bylo možné porovnávat následné výsledky. Detektor DL330A byl zapojen do vzdálenosti přibližně 60 cm od každého subjektu a detektor DL550A 90 cm.

Samotné měření probíhalo v jedné místnosti během dvou různých denních dob, aby bylo zjištěno, zda má světlo vliv na spolehlivost přístroje. První měření se konalo v zatemněné místnosti, kdy subjektům byla nasimulována jízda v noci po dálnici pomocí videa pouštěného z počítače bez zapnutého rádia a bez přítomnosti spolujezdce. V druhém případě byly subjekty testovány za denního světla po stejném pracovním vytížení, případně fyzické zátěži jako v prvním případě.

Celkově proběhlo 42 měření, kdy každý subjekt byl testován dvakrát, a to konkrétně jednou za denního světla a jednou za tmy. Dohromady bylo tedy provedeno 21 měření za světla a 21 měření za tmy. Subjekty byly testovány po dobu jedné hodiny při každém měření. Tento čas byl zvolen cíleně, jelikož průměrná cesta subjektů do zaměstnání trvá přibližně 32 minut. Cílem tedy bylo, aby každý subjekt absolvoval měření i nad rámec cesty do zaměstnání, a to přibližně ve stejné délce jako je průměrná doba jízdy do práce. Následně bylo zaznamenáno, kolik detekcí přístroje provedly před pociťováním únavy každým subjektem. Na základě počtu detekcí před zaznamenáním únavy a po ní bude vypočítána spolehlivost obou detektorů.

5.3 Charakteristika subjektů

Pro měření bylo zvoleno celkem 21 subjektů, které byly roztrženy po 7 do skupin dle věku. Kategorie jsou roztrženy podle psychického vývoje osobnosti následovně: 18–30 let, 31–44 let, 45+.

Do 30 let je zakončena tělesná evoluce a jedinec je na vrcholu fyzických sil, kdy roste zájem jedince mít vlastní děti a založit si rodinu. Jedinci do 45 let jsou na vrcholu produktivity. Jedná se o období, kdy dochází ke krizi středního věku a kolem 45. roku klesá výkonnost. Poslední kategorií je pozdní dospělost, která trvá přibližně do 65 let. Jedinci se v tomto období ohlíží do minulosti a hodnotí své dosavadní úspěchy, tato fáze končí, když jedinec odchází do důchodu. [29]

Jednotlivá charakteristika subjektů je uvedena v tabulce 3.

Subjekt	Pohlaví	Věk	Zaměstnání	Doba dojíždění do práce
1	muž	32 let	zubař	25 minut
2	muž	42 let	nákupčí	30 minut
3	žena	39 let	kadeřnice	0 minut
4	žena	43 let	asistentka nákupu	15 minut
5	muž	35 let	disponent	12 minut
6	muž	34 let	dělník	15–20 minut
7	žena	31 let	personalistka	45 minut
8	muž	20 let	profesionální sportovec	32 minut
9	žena	20 let	studentka	5 minut
10	žena	24 let	asistentka nákupu	40 minut
11	muž	29 let	IT analytik	120 minut
12	žena	27 let	lékárnice	49 minut
13	muž	28 let	manažer kvality	25 minut
14	žena	26 let	manikérka	50 minut
15	žena	52 let	sanitářka	16 minut
16	muž	48 let	lektor	30 minut
17	žena	61 let	podnikatelka	45 minut
18	muž	50 let	nákupčí	90 minut
19	muž	55 let	plánogramista	25 minut
20	žena	48 let	v domácnosti	0 minut
21	žena	45 let	obchodní manažerka	15 minut

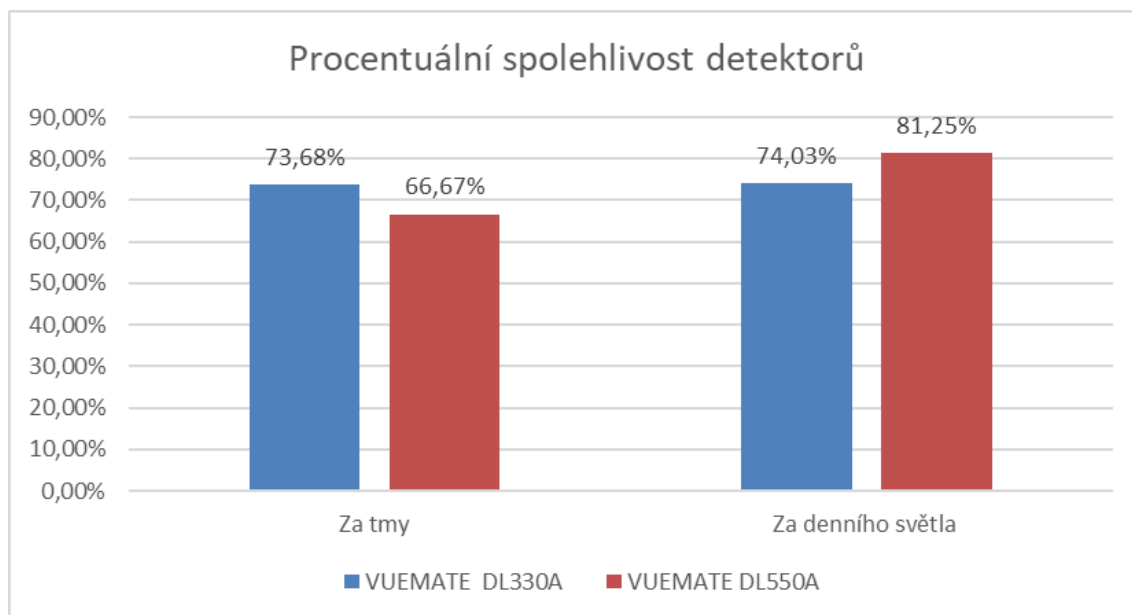
Tabulka 3 Charakteristika subjektů

6 Výsledky a diskuse

Získané výsledky z testování byly zpracovány a vyhodnoceny. Výsledky získané měření budou porovnávány na základě tří faktorů, a to na základě denní doby, pohlaví subjektů a věku subjektů.

Jak lze vidět na obrázku 15, pohybuje se spolehlivost obou zařízení nad 65 %. U detektoru VUEMATE DL330A je průměrná spolehlivost 73,68 %, kdy lze vidět, že denní doba nemá na spolehlivost žádný vliv. Rozdíl mezi měřeními za tmy a za denního světla je pouze zanedbatelných 0,35 %. U druhého detektoru je již rozdíl mnohem vyšší. Průměrná spolehlivost přístroje VUEMATE DL550A je 73,96 %, což by znamenalo, že oba přístroje jsou stejně spolehlivé, jelikož rozdíl mezi oběma průměry je pouze 0,31 %. Z obrázku 15 je však patrné, že mezi spolehlivostí za tmy a za denního světla je u tohoto detektoru rozdíl 14,58 %. To může být způsobeno větší pozorností subjektů během jízdy za denního světla, případně subjekty neprojevovaly natolik patrné projevy únavy.

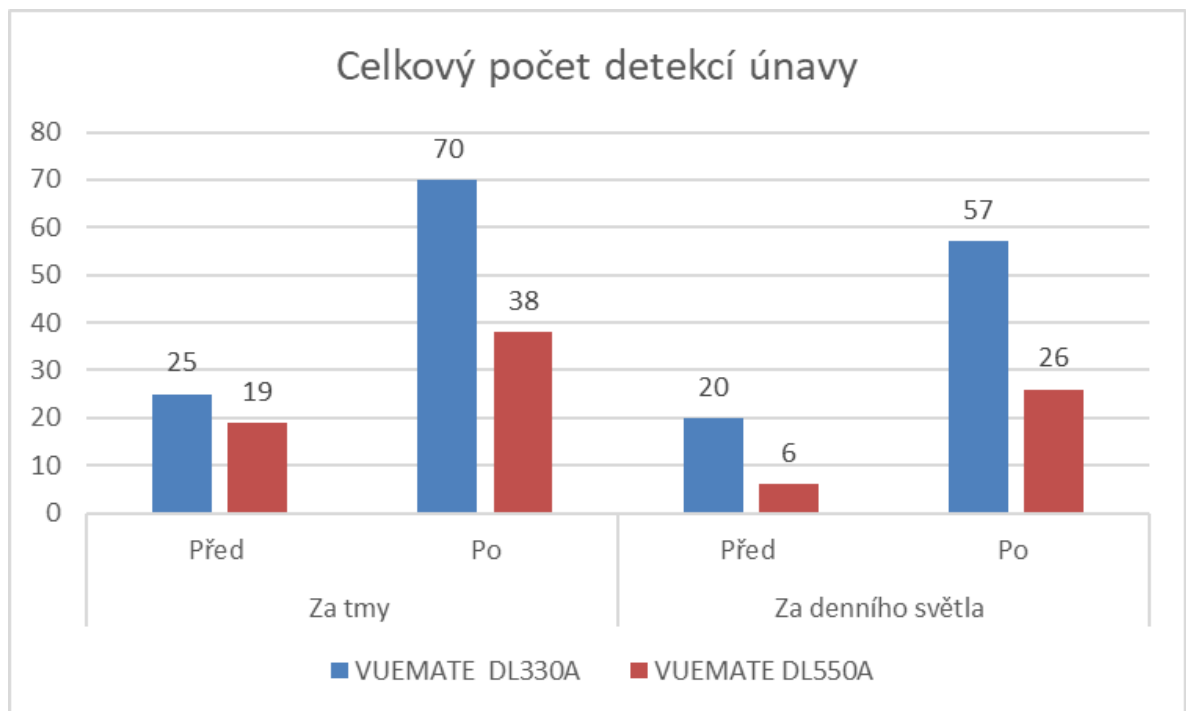
Z obrázku tedy vyplývá, že nejvíce spolehlivý je přístroj VUEMATE DL550A za denního světla se spolehlivostí 81,25 %. Pokud dojde k porovnání výsledků v rámci měření za tmy, vychází lépe detektor VUEMATE DL330A se spolehlivostí 73,68 %, kdy rozdíl mezi oběma přístroji je 7,01 %.



Obrázek 15 Procentuální spolehlivost detektorů

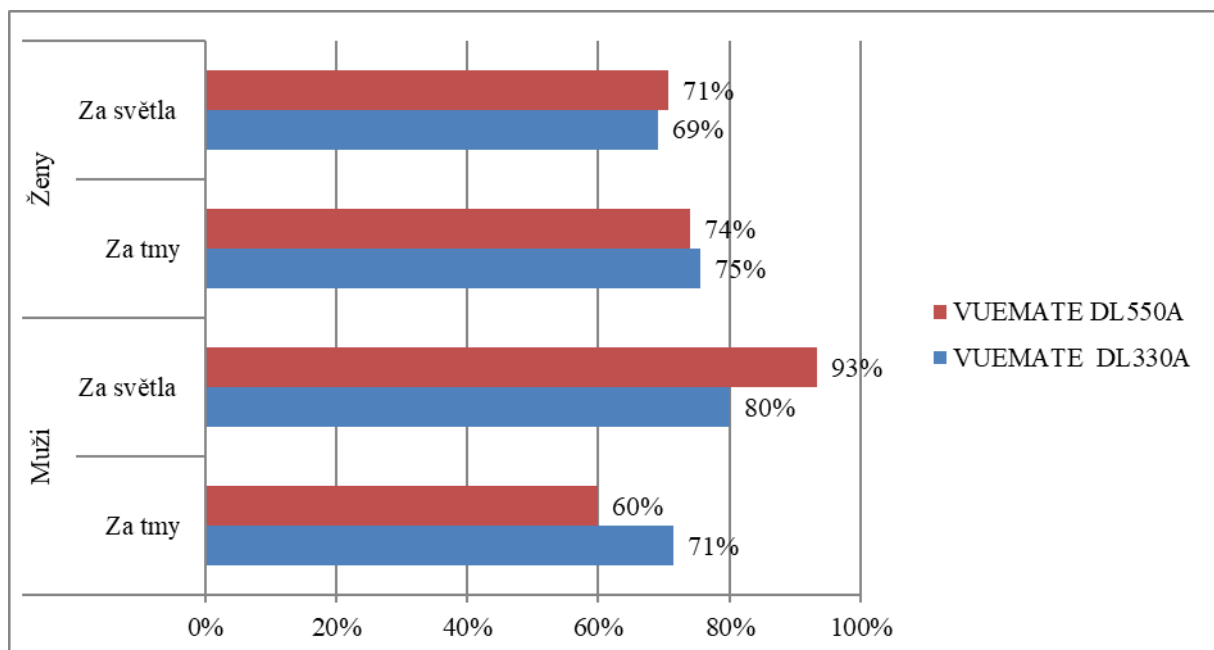
V návaznosti na obrázek 15 je možné vidět na obrázku 16 počet detekcí únavy u subjektů předtím a poté, co zaznamenaly, že na sobě pociťují únavu. Údaje jsou rozděleny na měření za tmy a denního světla. Z obrázku lze vyčíst, že DL330A je mnohem citlivější na

detekování únavy, jelikož zaznamenal celkově o 89 detekcí více než DL550A. Při porovnání detekcí za světla a za tmy je vidět, že při měření za světla nebylo detekováno takové množství projevů únavy. Celkem bylo za tmy poznáno 152 projevů, z čehož 95 jich znamenalo zařízení DL330A. Za světla bylo pozorováno pouze 109, což může být způsobeno vyšší koncentrací na jízdu za denního světla. Dalším důvodem může být fakt, že jízda v noci člověka více unavuje.



Obrázek 16 Celkový počet detekcí únavy

Na obrázku 17 je znázorněna spolehlivost detektorů dle pohlaví testovaných subjektů. Testováno bylo celkově 21 subjektů, z čehož bylo 10 mužů a 11 žen. Z obrázku 17 plyne, že u žen jsou výsledky vždy za stejné denní doby podobné. Při měření za denního světla je rozdíl u detektorů pouze 2 % a za tmy 1 %. U mužů jsou vidět větší výkyvy, kdy za denního světla je spolehlivost rozdílná o celých 13 %. Průměrná spolehlivost detektorů při měření mužů je 76,19 %, u žen je průměr 72,30 %, nejedná se tedy o zásadní rozdíly. U mužů je mírně nadprůměrná spolehlivost v porovnání se spolehlivostí za všechna měření. Konkrétněji detekovaly přístroje u mužů celkově 122 projevů únavy, zatímco u žen 139.

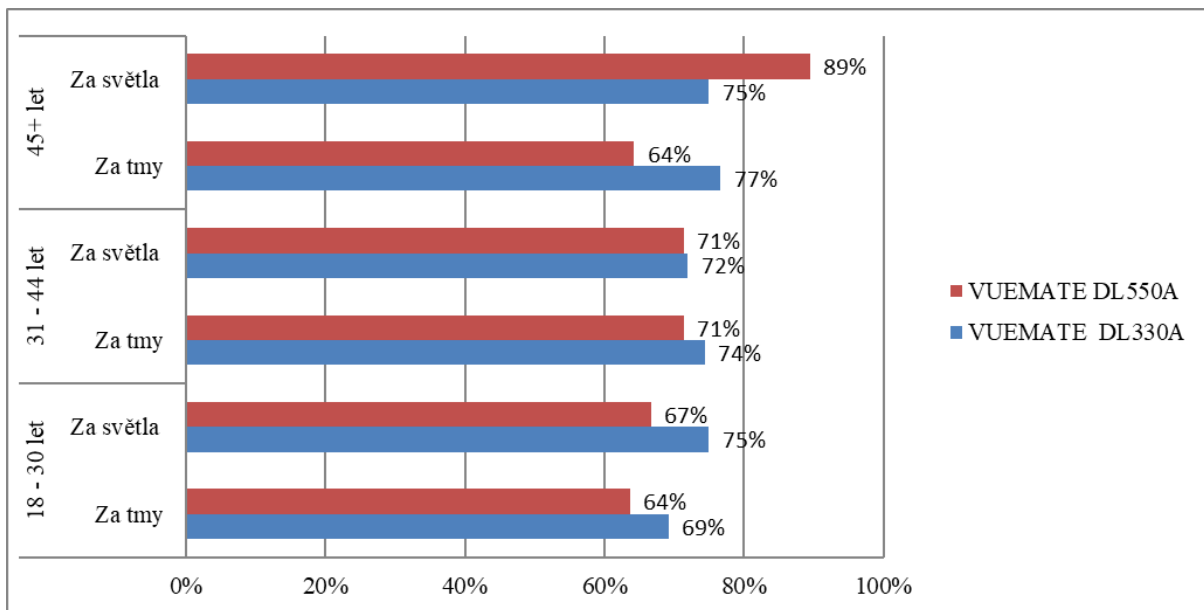


Obrázek 17 Spolehlivost detektorů dle pohlaví subjektů

Posledním kritériem pro hodnocení spolehlivosti byl věk subjektů a tedy zkoumání, zda u některé věkové kategorie dochází k vyšší spolehlivosti. V každé věkové kategorii bylo 7 subjektů, kdy každý subjekt podstoupil dvě měření – za světla a za tmy. Procentuální spolehlivost detektorů je zaznamenána na obrázku 18.

Z obrázku lze zjistit, že nejvyšší spolehlivost za denního světla i za tmy dosáhla kategorie 45+, průměrná spolehlivost obou přístrojů je u této skupiny 76 %. To může být způsobeno tím, že daná věková skupina má víceleté zkušenosti za volantem. Tento argument podporuje i fakt, že s průměrnou spolehlivostí obou detektorů 72 % je druhou nejlepší skupinou věková kategorie 31–44 let. U této skupiny vychází spolehlivěji detektor DL330A, a to, jak při měření za tmy, tak za světla. U věkové kategorie 18–30 let vyšla celková spolehlivost za tmy i za světla u obou detektorů 69 %. Stejně jako u předchozí kategorie, vychází i u této skupiny spolehlivěji detektor DL330A, kdy při měření za světla dosáhl spolehlivost 75 % a za tmy 69 %.

U obou přístrojů docházelo k občasným chybám, kdy například detektor nezachytil zorničky řidiče po protažení, případně po mírné změně natočení hlavy. Tyto případy byly častější u přístroje DL330A. Při měření nebylo zjištěno, že by na detekci mělo vliv nošení dioptrických brýlí nebo kontaktních čoček.



Obrázek 18 Spolehlivost detektorů dle věku subjektů

7 Finanční zhodnocení

Při výběru externího systému pro detekci únavy hraje jednu z hlavních rolí také cena vybraného přístroje.

Detektor únavy VUEMATE DL330A je vyráběn převážně pro osobní automobily, čemuž odpovídá i jeho velikost a snadné připojení. Cena daného přístroje se pohybuje v rozmezí od 3 490 Kč do 6 480 Kč. K tomuto modelu je možné si také dokoupit napájecí kabel pro pevné připojení za 268 Kč a externí GPS za 1 180 Kč. Externí GPS spolupracuje s detektorem a spustí přístroj až při rychlosti vozidla 6 km/h. Celková cena se vším příslušenstvím je tedy od 4 938 Kč do 7 928 Kč.

Druhým vybraným detektorem byl model VUDEMATE DL550A, jež se vyrábí pro nákladní automobily a autobusy, lze však použít také do automobilu. Jeho cena se pohybuje od 4 990 Kč do 9 990 Kč. I k tomuto modelu lze dokoupit externí GPS, konečná cena se tedy může dostat na 6 170 – 11 170 Kč. [28]

Pro vybrané detektory byla vytvořena multikriteriální tabulka, kterou lze vidět v tabulce 4. Detektory byly hodnoceny na základě spolehlivosti, ceny a použitelnosti v praxi, tedy rozměry a jednoduchostí zapojení. Nejdůležitějším kritériem pro výběr je spolehlivost přístroje, a proto byla tomuto kritériu udělena váha 3. Na cena a použitelnost pohlížíme jako na stejně důležité faktory, z tohoto důvodu mají váhu 2. Z této tabulky vyplývá, že pro koupi je vhodnější zařízení DL330A, jelikož je cenově přijatelnější a lépe využitelné v praxi. DL550A vede pouze ve spolehlivosti, jelikož jeho průměrná spolehlivost je o 0,31 % vyšší než u DL330A.

	Spolehlivost	Cena	Použitelnost v praxi	Součet
Váha	3	2	2	XXX
DL330A	3	4	4	11
DL550A	6	2	2	10

Tabulka 4 Multikriteriální tabulka

U systémů monitorujících únavu přímo v automobilu se náklady na pořízení určují hůře, jelikož většina automobilek již nabízí tento systém v základní výbavě. V automobilech Škoda Auto, která patří pod koncern Volkswagen, lze zařadit asistenta rozpoznání únavy do automobilu od 1 250 Kč. Jedná se však o systém, který monitoruje styl jízdy, tento systém byl již vysvětlen v kapitole 4.4.2. [30]

8 Závěr

Výsledky z praktické části diplomové práce, odpovídají jejímu hlavnímu cíli, jimž bylo testování spolehlivosti externích detektorů únavy. V teoretické části byl vytvořen základní přehled aktivní a pasivní bezpečnosti, vysvětlen vznik únavy a její rozdělení. Byla uvedena statistika nehodovosti spojená s únavou a rozděleny systémy sledující stav řidiče, kdy některé z nich nejsou momentálně využívány v praxi. Následně byly popsány senzory, které jsou v těchto systémech využívány. Čtenář byl také seznámen se systémy, které jsou aktuálně v nabídkách vozidel na dnešním trhu. Tento teoretický základ napomohl splnění hlavního cíle práce, a to otestování spolehlivosti externích detektorů únavy.

V praktické části byly popsány detektory únavy, které byly vybrány pro testování spolehlivosti. Byly uvedeny technické údaje, zvukové a světelné signalizace jednotlivých přístrojů. Dále byl vysvětlen průběh měření spolehlivosti detektorů. Testování proběhlo ve dvou denních dobách, aby bylo určeno, zda má na spolehlivost vliv světlo. V neposlední řadě byly popsány subjekty, které měření podstoupily a určeno rozdělení do věkových kategorií, jelikož bylo následně pozorováno, zda se spolehlivost liší u jednotlivých věkových skupin.

V následující kapitole byly uvedeny výsledky měření a následně jejich diskuze. Z provedených testů vyšlo, že průměrově jsou detektory VUEMATE DL330A a VUEMATE DL550A stejně spolehlivé s rozdílem pouhých 0,31 %. Zároveň je však patrné, že DL330A je mnohem citlivější na projevy únavy, jelikož zaznamenal celkově o 89 detekcí více. Nejvyšší spolehlivosti dosahoval detektor DL550A za denního světla. Úspěšnost detekce únavy dosahovala při tomto měření 81,25 %.

V poslední kapitole byly rozebrány finanční náklady na pořízení obou detektorů a provedena multikriteriální analýza pro výběr vhodného přístroje ke koupi. Obě zařízení jsou dostupná v několika cenových relacích podle internetového prodejce, je tedy možné je koupit za podobné ceny. Pokud by porovnání bylo zaměřeno na nejnižší množnou cenu, vychází VUEMATE DL330A o 1 232 Kč levněji. V multikriteriální analýze bylo pohlíženo na tři aspekty, a to konkrétně na spolehlivost, cenu a použitelnost v praxi, čímž byla myšlena složitost instalace a rozměry přístrojů. Z této analýzy vyšel vítězně VUEMATE DL330A, jelikož je cenově přijatelnější a použitelnější v praxi. Ve spolehlivosti zvítězil VUEMATE DL550A, ale jedná se pouze o rozdíl 0,31 %, což by neovlivnilo výběr DL330A ke koupi, jelikož procentuální spolehlivost se o tolik neliší.

9 Seznam použitých zdrojů

- [1] The history of car safety. In: *Mynra.com* [online]. NRMA Motoring & services, [cit. 16.3.2021]. Dostupné z: <http://www.mynrma.com.au/motoring/road-safety/history.htm>.
- [2] Statistika nehodovosti. In: *Policie.cz* [online]. [cit. 20.12.2020]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09MQ%3d%3d>.
- [3] VLK, F. *Stavba motorových vozidel: Osobní automobil, autobusy, nákladní automobily, jízdní soupravy, ergonomika, biomechanika, kolize, materiály*. Brno: [s.n.], 2003. 499. ISBN 80-238-8757-2.
- [4] VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel 2*. 1. vydání, Brno: František Vlk, 2002. ISBN 80-238-7282-6.
- [5] ABS – Protiblokovací brzdový systém. In: *Smucler.cz* [online]. Poslední revize 12.07.2017 [cit. 08.10.2020]. Dostupné z: <https://www.smucler.cz/blog/abs-protiblokovaci-system-kol/>.
- [6] VLK, F. *Automobilová elektronika 2: Systémy řízení podvozku a komfortní systémy 2*. 1. vydání, Brn: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7062-3.
- [7] SAJDL, J. Multikolizní brzda – MKB. In: *Autolexicon.net* [online] [cit. 09.06.2020]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/multikolizni-brzda/>.
- [8] ZELINKA, J. Multikolizní brzda – jak funguje a v jakých vozech ji najdeme? In: *Autohled.cz* [online]. Poslední revize 20.03.2020 [cit. 09.06.2020]. Dostupné z: <https://www.autohled.cz/magazin/multikolizni-brzda-ndash-jak-funguje-a-v-jakych-vozech-ji-najdeme/1532>.
- [9] VLK, F. *Automobilová elektronika 1: Asistenční a informační systémy*. 1.vydání, Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6462-3.

[10] VLK, F. *Lexikon moderní automobilové techniky* 1.vydání, Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-5416-4.

[11] ČANDA, T. BEZPEČNOSTNÍ PÁSY S AIRBAGEM. In: *Topdrive.cz* [online]. Poslední revize 24.07.2012 [cit. 14.10.2020]. Dostupné z: <https://topdrive.cz/bezpecnostni-pasy-s-airbagem/>.

[12] JÁNSKÝ, M. Kolenní airbagy jsou v zásadě k ničemu. In: *Garaz.cz* [online]. Poslední revize 09.08.2019 [cit. 01.04.2021]. Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/kolenni-airbagy-jsou-v-zasade-k-nicemu-21002335>.

[13] OLIVÍK, P. Aktivní kapota: měkčí dopad pro chodce. In: *Autorevue.cz* [online]. Poslední revize 14.08.2011 [cit. 14.10.2020]. Dostupné z: https://www.autorevue.cz/aktivni-kapota-mekci-dopad-pro-chodce_1.

[14] NOUZA, M. ÚNAVA ZNÁMÁ A NEZNÁMÁ. In: *Imunologie.cz* [online]. [cit. 14.10.2020]. Dostupné z: <https://www.imunologie.cz/lecebna-naplň/unava-a-chronicky-unavovy-syndrom/unava-znama-a-neznama/>.

[15] BARTUŠKOVÁ, S.: *Fyziologie člověka a tělesných cvičení. /Učební texty/* Praha: Karolinum 2006 ISBN: 80-246-1171-6. 285 s.

[16] SEDLÁK, J. *Pracovní únava*, 1.vydání, Praha, Praha: Academia, 1981: 244.

[17] FOŘT, P. *Výživa pro dokonalou kondici a zdraví*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s. 2005. ISBN 80-247-1057-9.

[18] TVAROŽKOVÁ, Lucia et al. *Únava za volantem, rizikové časy během dne a dopravní nehodovost Drowsy driving, vulnerable times of the day and traffic accidents*. 2017, s. 16. Dostupné z: https://psychkont.osu.cz/fulltext/2017/2017_2_7_Tvarozkova.pdf.

[19] BESIP – Nebezpečí únavy. In: *Ibesip.cz* [online]. [cit. 18.11.2020]. Dostupné z: <https://www.ibesip.cz/tematicke-stranky/zasady-bezpecne-jizdy-v-aute/nebezpeci-unavy>.

[20] ŠTORK, M.; HOLOTA, R.; WEISSAR, P.; SKÁLA, J.; KUBÍK, Z. *Sledování stavu řidičů během jízdy – únava a možnosti její detekce*, výz. zpráva č.: 211–1–14, ZCU v Plzni [online]. Dostupné z: Interní materiál ŠKODA AUTO a.s.

[21] Systém Driver Alert. In: *Volvocars.com* [online]. Poslední revize 23.07.2018 [cit. 12.12.2021]. Dostupné z: https://www.volvocars.com/cz/support/manuals/s60/2017w17/podpora-ridice/system-driver-alert/system-driver-alert?gclid=CjwKCAjwj6SEBhAOEiwAvFRuKH5-G1fxV2_bLxoyr3QhtA4q9rI5JRfIdZdiTPFDO6ld-1yCpoEULRoCe7EQAvD_BwE.

[22] Driver Alert Control (DAC). In: *Volvocars.com* [online]. Poslední revize 23.07.2018 [cit. 12.12.2021]. Dostupné z: https://www.volvocars.com/cz/support/manuals/s60/2017w17/podpora-ridice/system-driver-alert/system-driver-alert?gclid=CjwKCAjwj6SEBhAOEiwAvFRuKH5-G1fxV2_bLxoyr3QhtA4q9rI5JRfIdZdiTPFDO6ld-1yCpoEULRoCe7EQAvD_BwE.

[23] Lane Departure Warning (LDW). In: *Volvocars.com* [online]. Poslední revize 23.07.2018 [cit. 12.12.2021]. Dostupné z: <https://www.volvocars.com/cz/support/manuals/s60/2017w17/podpora-ridice/asistent-jizdnich-pruhu/lane-departure-warning-ldw>.

[24] Lane Keeping Aid (LKA). In: *Volvocars.com* [online]. Poslední revize 23.07.2018 [cit. 12.12.2021]. Dostupné z: <https://www.volvocars.com/cz/support/manuals/s60/2017w17/podpora-ridice/asistent-jizdnich-pruhu/lane-keeping-aid-lka>.

[25] Představujeme Driver Alert: systém pro kontrolu bdělosti řidiče. In: *Volkswagenclub.cz* [online]. [cit. 12.02.2021]. Dostupné z: <https://www.volkswagenclub.cz/zpravy/zpravodaj/21-ze-sveta-vw/302-predstavujeme-driver-alert-system-pro-kontrolu-bdelosti-ridice>.

[26] Bezpečnost a zabezpečení. In: *Ford.cz* [online]. [cit. 12.02.2021]. Dostupné z: <https://www.ford.cz/uzitkove-vozy/transit-podvozky/vybava/bezpecnost-a-zabezpeceni>.

[27] Bezpečnost – v srdci našeho myšlení. In: *Mercedes-moravia.cz* [online]. [cit. 12.02.2021]. Dostupné z: <https://www.mercedes-moravia.cz/komfort-bezpecnost-maybach-ov/bezpecnost-maybach-ov>.

[28] Detektor únavy pro prevenci mikrospánku za volantem DL330A. In: *Qtest.cz* [online]. [cit. 27.03.2021]. Dostupné z: <https://www.qtest.cz/detektory-unavy/dl330a>.

[29] Detektory únavy. In: *Detektoryunavy.cz* [online]. [cit. 27.03.2021]. Dostupné z: <https://www.detektoryunavy.cz/detektory-unavy>.

[30] Asistent rozpoznání únavy. In: *Skoda-auto.cz* [online]. [cit. 04.03.2021]. Dostupné z: https://eshop.skoda-auto.cz/cs_CZ/asistent-rozpoznani-unavy/p/5E0054801.

10 Seznam obrázků

Obrázek 1 ABS [5]	15
Obrázek 2 Funkce multikolizní brzdy [7].....	17
Obrázek 3 Rozmístění airbagů v automobilu (1 – čelní airbag řidiče; 2 – čelní airbag spolujezdce; 3 – boční airbag; 4 – okenní airbag; 5 – kolenní airbag) [12]	19
Obrázek 4 Vývoj počtu dopravních nehod v letech 2000–2019 [2].....	25
Obrázek 5 Přehled nehod podle stavu řidiče 2019 [2].....	26
Obrázek 6 počet nehod dle krajů za rok 2019 [2].....	26
Obrázek 7 Dopravní nehody v jednotlivých měsících v roce 2019 [2]	27
Obrázek 8 Usmrcení v jednotlivých měsících v roce 2019 [2].....	28
Obrázek 9 Těžká a lehká zranění v jednotlivých měsících v roce 2019 [2]	28
Obrázek 10 Rozsah detekování obličeje [28]	39
Obrázek 11 VUEMATE DL330A [28]	40
Obrázek 12 Provozní stavy a signalizace [28].....	41
Obrázek 13 VUEMATE DL550A [28]	42
Obrázek 14 Provozní stavy a signalizace DL550A [28].....	43
Obrázek 15 Procentuální spolehlivost detektorů	46
Obrázek 16 Celkový počet detekcí únavy	47
Obrázek 17 Spolehlivost detektorů dle pohlaví subjektů	48
Obrázek 18 Spolehlivost detektorů dle věku subjektů.....	49

11 Seznam tabulek

Tabulka 1 Technické údaje VUEMATE DL330A [28].....	40
Tabulka 2 technické údaje VUEMATE DL550A [28].....	42
Tabulka 3 Charakteristika subjektů	45
Tabulka 4 Multikriteriální tabulka	50